#54

#54

西水研研報
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.
(54), 1980

BULLETIN
OF THE
SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 54
March 1980

西海区水産研究所研究報告

第54号

西海区水産研究所

長崎市国分町49

SEIKAI REGIONAL FISHERIES RESEACH LABORATORY

49 KOKUBU-CHO, NAGASAKI 850

JAPAN

目　次

油谷湾の海底地形と堆積物の粒径分布

井上 尚文

General Topographic Map and Grain Size Distribution of Bottom Sediment in Yuya Bay

Naofumi INOUE

During the ecological study of red sea bream, *Pagrus major*, the grain size distribution of the bottom sediments was investigated in Yuya Bay, Yamaguchi Pref. in 1974. Eighth one bottom sediment samples were collected mainly with a SK type dredge. Grain-size was analyzed sieving and pipetting methods.

Yuya bay is situated at the western end of Honshu and opened towards Japan Sea (Hibiki Nada) in the west direction. An approximate area of Yuya Bay is 45km^2. The depth of mouth part is 40m, and 20m depth contour enters even into the inner part of the bay. Therefore, the coastal slope is steep and it generally is constituted by rock.

Although the tidal current in the bay was not so strong, it flowed toward the inner part of the bay along the south coast, and turned the direction to the northwest there. It was thus generally anticlockwise circulated current.

The oceanic water was found in the mouth part of the bay, and the inner bay water was noticed in the inner part. The long-shore current developed frequently in company with the intrusion of wave and swell from the mouth.

Awano River and Sumida River are the principal fresh water supply into the bay.

The bottom sediment distributions in the present bay could be divided into two typical areas, one is the sandy sedimental area from mouth to the innermost part of the bay along south coast, and the other is muddy sedimental area along north coast toward the innermost bay. According to detailed analyses of the median diameter, sediment types and sand-silt-clay ratio, seven different sediment types were recognized. Each type was characterized by its environment of deposition which in turn dependent upon the distribution of different water masses and currents.

In the present bay, well sorted sediment was found as with median diameter ($Md\phi$) of 0~3, and the most sorted sediment was fine sand. However, a good

昭和55年1月17日受理 (Received January 17, 1980)
西海区水産研究所業績 第375号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 375)

sorting was observed for coarse and medium silts. Although, it was characteristic that the skewness (*Sk*) is larger than 1 as was not observed in other shallow water deposits, the content of clay was extremely low (5〜10%).

はじめに

浅海域における海底堆積物が，そこを生活の場としている海洋生物と密接な関係をもっていることは，周知のとおりである．海域における水産生物の分布生態やそれらの生産を考える場合，堆積物の調査は海底地形などとともに，基本的な研究として，きわめて重要な課題といえる．鎌田[1]は，現在の底質をつくる堆積物の組成の決定要因を次のように3つに大別している．第1は海域の形状・海水の性質・海水流動など海洋物理的要因，第2は陸地からの供給物・地盤運動・海面の昇降など地質的要因，第3は生物遺骸の堆積をはじめとする生物的要因としている．このように，海底堆積物はその海域の形成過程において，種々の要因が相互に作用しながら形成されたものであり，それら諸要因が総合的に反映されたものとみなすことができる．したがって，鎌田[1]も述べているように，海底堆積物の組成を詳細に解析することによって，その海域の総合的な特性を把握できるばかりでなく，その海域の形成史の一端をも知ることができると考えられる．さらに，海底堆積物の分布は，底生無脊椎動物や底生魚類の分布生態や生活史にとって基本的に重要な情報をもたらし，生態学的研究にとっても不可欠の分野と思われる．以上のように，堆積物の調査研究は，単に調査海域の底質分布状況や地質学的特性を知るだけでなく，生物とそれをとりまく環境との係わり合いについても，多くの知見を導き出す有力な鍵といっても過言ではないと思われる．

油谷湾全般にわたる底質の概要は，水路部発行の海図から知ることができるが，筆者の知る限りでは，本湾の堆積物についての系統的な調査は見当らない．幸いに1972年度から油谷湾をモデル水域として，「沿岸域における重要魚類の補給機構に関する研究」が西海区水産研究所下関支所を中心に始められた．筆者はこの研究の中で油谷湾の堆積物についての課題を分担する機会を得た．本稿では湾内全域にわたってほぼ平均して採取された堆積物試料の粒度分析結果にもとづいて，油谷湾の堆積物の粒度組成とその分布特性および海底地形の概要について検討を加えた．

本文に先だち，調査船によって堆積物の採取の便宜を計って下さった山口県外海水産試験場に厚くお礼を申し上げる．また，乗船して堆積物の採取に立ち合っていただいた西海区水産研究所海洋部玉井一寿主任研究官にお礼申し上げる．さらに，浅海堆積物の研究に関連して，終始懇切な御指導をいただいている長崎大学教授鎌田泰彦博士に深く感謝の意を表する次第である．

方　法

堆積物の採取

本報告に用いた堆積物の試料は，1974年7月9〜10日に採取された．採取総点数は81点（Fig. 1）である．このうち大半の66点の試料は山口県外海水産試験場所属の若汐丸によってＳＫ式採泥器を用いて採取されたものである．残りの15点の試料は同水試によって進められた伊上浦から河原沿岸にかけての干潟の精密調査において，干出時にスコップで直接採取されたものである．採取された試料は粒度分析用として，全部または一部を湿潤の状態で西海区水産研究所に運び，粒度分析を行うまで冷蔵庫に保管した．

粒度分析

粒度分析は81点の試料のうち77試料について行った．個々の試料について，砂質部では篩分法，泥質部では Stokes の法則を適用した沈澱法，すなわちピペット法を併用して，以下の表に示す Wentworth の粒径区分のスケールに従って分析した．次に粒度組成

の特徴を考察するために，粒度組成にもとづいて片対数グラフに重量積算曲線を描き，それより¼粒径値Q_1（25%），粒径中央値 Md(50%)，¾粒径値 Q_3(75%）を求めて，Trask の淘汰係数 So（coefficient of sorting）と歪度係数 Sk（coefficient of skewness）を次式で計算した．

$$So=\sqrt{Q_1/Q_3} \qquad Sk=Q_1\times Q_3/Md^2$$

なお，粒径中央値（median diameter, $Md\phi$）は Krumbin のファイ尺度（Phi scale）に換算した．この場合，堆積物の粒子の直径を d ㎜とすると，$\phi=-\log_2 d$ で表わされる．ϕ 単位と㎜単位の関係，および堆積物を粒径によって区分したときの名称は下表のとおりである．

㎜単位	2	1	0.5	0.25	.125	.062	.032	.016	.008	.004	.002
ϕ 単位	−1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

呼称	礫	砂					沈泥				粘土
		極粗砂	粗砂	中砂	細砂	極細砂	粗シルト	中シルト	細シルト	極細シルト	

結果と考察

海底地形と海況の概要

海底地形

油谷湾は山口県北西部に位置し，角島と油谷半島の西端間を湾口として，東方に約13㎞湾入した湾である．南側は中国山地の末端を背負い，北側を向津具半島と油谷半島に抱かれた湾は，おおよそ長方形の形状をなしており，その面積は約45㎢である．湾口は西に向かって大きく開き，日本海に直接通じている．このように，油谷湾は，有明海や大村湾などの開口部が狭小で内陸に深く湾入した閉鎖的な内湾と異なり，外海水の強い影響をうける水域も併せ持った開放的な湾と言える．

湾内には深く入り込んだ入江は乏しいが，大浦錨地をはじめ湾奥部の河原浦，小田浦および湾口南側の阿川浦などやや入り込んだ部分がある．一方，湾内には顕著な島岬の突出はないが，海岸線の出入りは変化に富み，海蝕によって複雑な景観を呈している．海岸は砂浜海岸は少なく，隅田川河口から粟野口埼にかけては，阿川浦のポケットビーチの砂浜を除いて，先にも述べたように海蝕崖と海蝕台よりなる岩石海岸が連続的に形成されている．一方，北側の向津具半島に沿った海岸は石・砂石混合の干出浜および群石海岸となっている．

なお，湾内の沿岸域の海底地形や生物相については，山口県外海水産試験場の調査結果が水産庁[2]から報告されている．それによると，起伏に富んだ主な岩礁地帯は，南側では粟野口埼から湾口，北側では本油谷をとりまく接岸部となっている．湾奥部の伊上浦・掛渕・小田にかけては砂泥質である．湾内北部の小田から久津にかけては転石地帯となっている．主な岩礁地帯である粟野口埼以西は各所に露出岩や礫が点在しているが，岩礁帯の幅は距岸100〜250ｍで，水深10ｍ付近までである．海底傾斜の急な向津具半島側の岩礁帯や転石地帯は全般的に幅が狭い．

湾内には手長島，竹島，江島などの島が点在しているが，これらの小島群の周辺も岩礁，転石，礫で形成されている．また険礁で代表される湾口部の船瀬や竹島西方の浅礁（アサグリ）などの諸礁も文字どおり岩礁主体である．

水深10ｍ以浅の接岸域は藻類の生育場となっているが，粟野口埼から湾口にかけての岩礁帯はガラモ場，湾奥部の砂泥質地帯はアジモ場の主分布域となっている．

Fig. 1 は水路部発行の海図（No. 115, 1/35,000）を基準に求めた等深線図である．同図から明らかなとおり，沿岸部を除くと水深変化は比較的にゆるやかである．最深部は湾口部で40ｍに達しているが，20ｍ台の海域は湾奥部まで入り込んでいる．沿岸部の水深変化は急激で，とくに湾口部の本場鼻から阿川浦および湾内北部の大浦錨地の沿岸部では海岸から20ｍ等深線

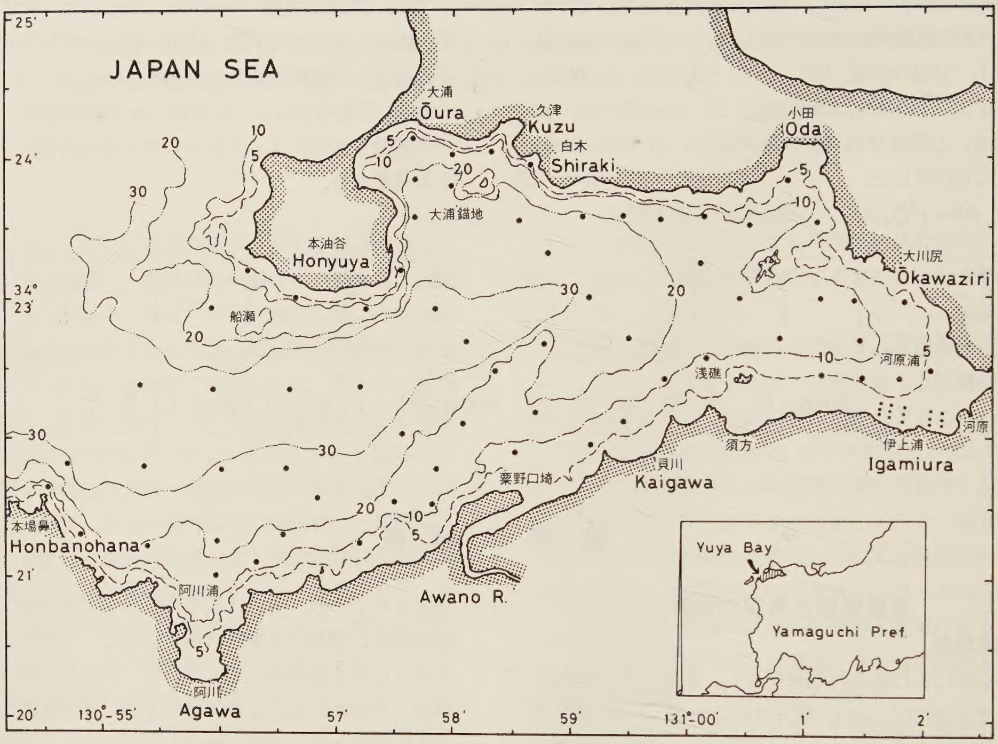


Fig. 1. 油谷湾の海底地形と堆積物の採取地点
Bottom topography and location of sediment samples.

までは比較的急勾配で深度を増している．なお，粟野口埼の西方に20m等深線が湾中部に向かって突出し，この部分で浅くなっているのが目立っている．油谷湾内の海底地形の全般的な特徴として沿岸部において遠浅な平坦面の形成が未発達であることがあげられる．これは沿岸部の急勾配の海深変化と後背地から注ぎ込む河川流長が短小のために沖積作用がきわめて弱いためとみられる．

海況

本湾の海水の流れについては第七管区海上保安本部水路部の報告が[3]，概括的な海況については Ogawa *et al.*[4] の報告がある．また，本誌に俵・大内[5] が海洋構造の季節変化や流れの変動について詳しく報告している．堆積物の組成を考察する際に流れや水塊分布は粒子の集団構成と関連深いので，これらの報告を参考にして流れと海況の一般的な概要を次に述べる．

外海に向かって大きく開いた湾口をもつ油谷湾は，湾内外水の流出入が比較的に容易な湾のようにみられる．しかし，湾内の潮流は潮差が小さいため潮汐に起因する流れ，すなわち潮流は全般的に小さく，大潮期でも15cm/s 程度で，とくに湾奥部では 5cm/s 以下の微弱流で，潮流による海水の動きがほとんどない状態である．湾内の恒流成分（Fig. 2）は潮流よりもさらに弱く，湾口部の 5cm/s を除くと，湾内全域で 2〜3 cm/s ときわめて小さなものである．潮流の時間変化は，干潮約2時間後から満潮約2時間後までは上げ潮で東方（湾奥方向）に流れ，これ以外の時間帯は下げ潮で西方（湾口方向）に向かって流れる．しかし，本湾の潮型は1日周潮流が卓越しており，恒流の分布から推定されるように，湾内には反時計回りの流れが形成されていることも加わって東向きの流れの持続時間が長く，1日1回潮の流れとなることが多い．以上のように，湾内の流れは弱く，単調な流れのようにみられるが，流れは海底地形や気象の影響をうけるので，実態はもっと複雑なものと考えられる．とくに大きく

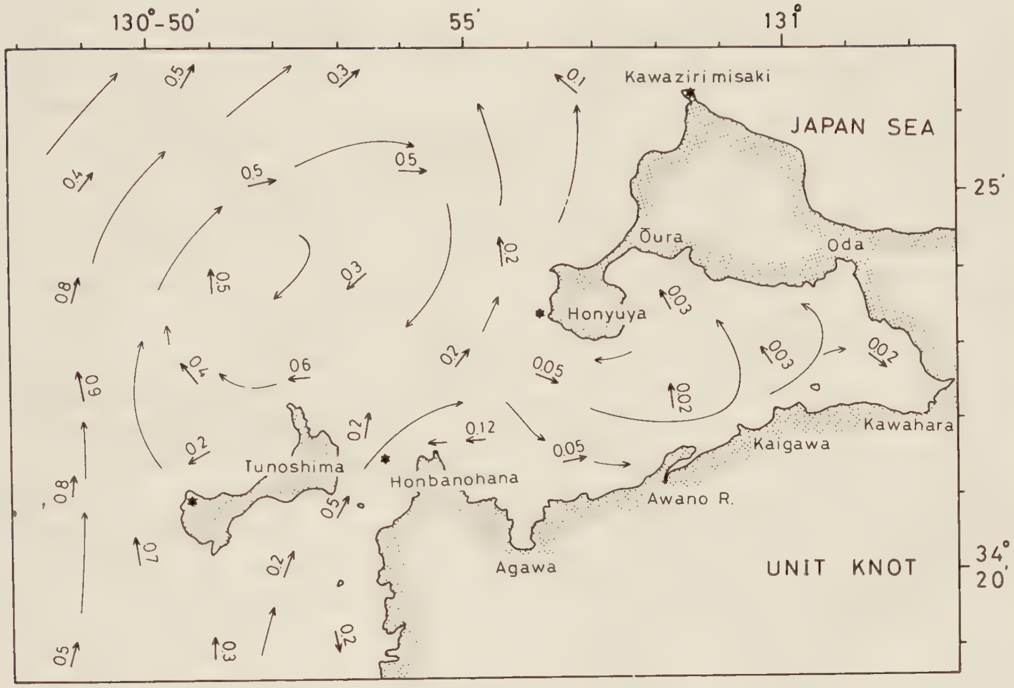


Fig. 2. 油谷湾内外の恒流の分布（第七管区海上保安本部，1979）
Distribution of residual current in outside and inside of Yuya Bay (7th District Regional Maritime Safety Headquarters, 1979).

開いた湾口は外海から風浪やうねりの侵入を容易にしており，沿汀流（long-shore current）もかなり発達するとみられる．また，北側の大浦錨地は強い偏西風も防げる天然の好錨地となってはいるが，風の連吹による吹送流の発達で海水の水平移流は容易であり，湾内の流動様式は変動性に富むものと思われる．

水塊の指標となる水温，塩分をはじめとする海水のもつ各成分の性質は季節変化のほかに，気象などの影響をうけて大きく変化する．したがって，水塊そのものの特性も様々に変るが，湾内における水塊分布のパターンは，基本的には次のようになっている．

湾内の水は，湾外から流入してくる相対的に塩分の高い沖合系水（対馬暖流系水）と，湾内の河川水の流出によって形成される低塩分水の2つに大別される．沖合系水は30m等深線に囲まれた深みに，ほぼ定常的に認められる．各月の塩分分布からみると，この沖合系水は湾口中央部から南岸寄りを湾内に流入してくることが推定される．河川水で涵養された低塩分水は，粟野口埼沖合以北の湾奥部にかけて分布している．しかし，この分布型から大きくはずれる例もしばしばある．河川水の流出の少ない時期は湾口部と湾奥部との塩分差はほとんどない場合もある．また，これとは逆に大雨で河川水が増水した場合には低塩分水の拡がりが促進される．とくに粟野川や隅田川河口域で顕著である．この両河川から流出した水は，海水と混合しながらいずれも沿岸沿いを移動するが，粟野川系水は河口から湾奥に向かい，隅田川から流出した水は北に向かい向津具半島の沿岸沿いを西に向かって移動するように分布する．以上に述べた潮流や水塊分布の動向から，湾内の全般的な海水の動きについてみると，湾外からの流入水は湾口南半分から湾内に入り，ほぼ海岸線に沿って湾奥に向かい，徐々に反時計回りに転向して湾の北側を湾口を指向して流れる，いわば湾を形どる環流の流動パターンを形成している．

堆積物の粒度組成とその分布

粒径中央値の分布

粒径中央値（$Md\phi$）の等値線によって底質分布を表

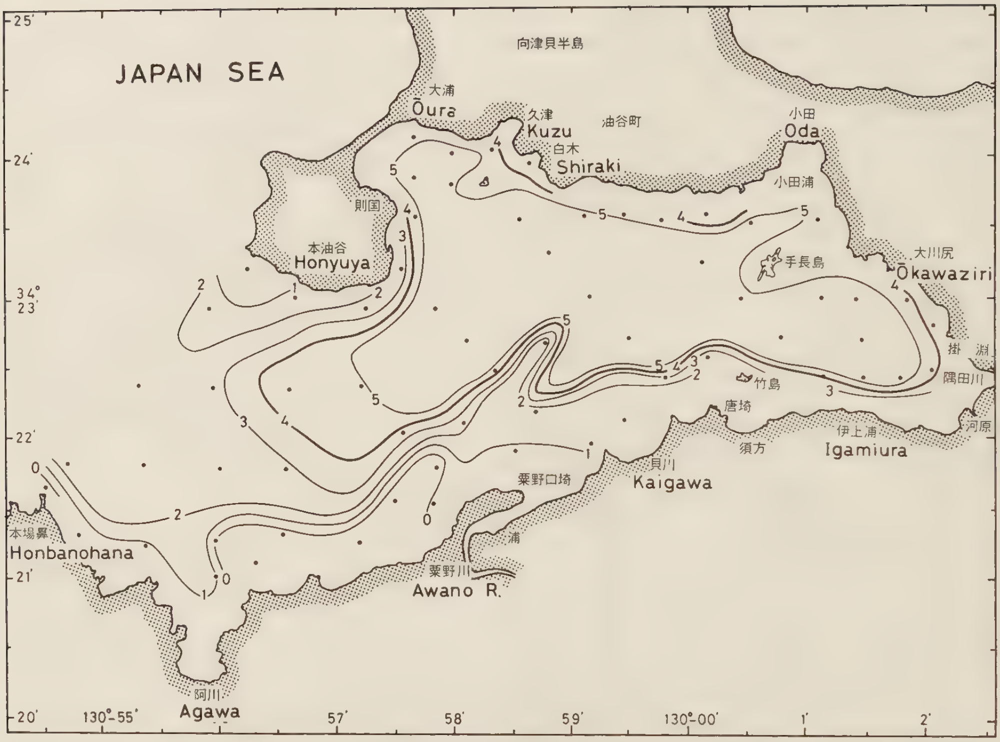


Fig. 3. 粒 径 中 央 値 ($Md\ \phi$) の 分 布
Areal distribution of median diameters ($Md\ \phi$).

わしたのが Fig. 3 である．等値線は 1.0 ϕ 間隔に描いている． 堆積物の 採取をしていない 沿岸部を 除くと， 粒度分析の 結果から 求めた 77試料の粒径中央値は，-0.82〜5.56 ϕ の範囲にあり，前記した堆積物の分類表によれば，礫や粘土粒子を50%以上含む礫質や粘土質堆積物はなく，極粗砂から中シルトの堆積物までの分布となる．

Fig. 3 から明らかなように，湾内の底質は湾口部から湾内に向かって南岸寄りに砂質堆積物（$Md\phi=-1$〜4），湾内の北岸寄りに泥質堆積物（$Md\phi=4$〜6）と明瞭に分かれた特徴的な分布をしている．

砂質堆積物（$Md\phi<4$）は湾口一帯から湾内の南側の沿岸に沿って 隅田川 河口に至る 海域に 分布している．沿岸寄りになるほど粗粒となり，とくに湾口の本場鼻から粟野口埼にかけての沿岸部の堆積物には極粗砂堆積物もかなり含まれている．

中砂・細砂（$Md\phi=1$〜3）を主体とする 堆積物は，湾口中央部と粟野口埼沖合から隅田川河口にかけての沿岸寄りに主な分布域がある．極細砂（$Md\phi=3$〜4）の堆積物は，後でも述べる泥質堆積物と砂質堆積物の境界帯に 散発的に みられる程度で， 分布の 範囲は狭い．

泥質堆積物（$Md\phi>4$）は，湾軸を境にやや北側に偏在するものの，湾中央から湾奥にかけての大部分を占めている．向津具半島側では泥質堆積物が海岸近くまで迫り，特徴的な分布を示している．海岸付近は堆積物の採取が行われていないので，接岸部における底質分布の変化については推定の域を出ないが，水深変化や南側の粟野口埼から湾奥にかけての砂質から泥質への移行過程から判断して，海岸付近の砂質堆積物から沖合へ向かっての泥質堆積物へ移る変化はかなり急激で，恐らく中砂〜極細砂を欠いた不連続的な変化を示していると推定される．

泥質堆積物は大部分が 5 ϕ 台の中シルトで構成されており，$Md\phi>6$ の微粒シルトの堆積物の分布はみられない．4 ϕ 台の粗シルト堆積物は 湾口中央部の砂質

堆積物の分布域に向かって舌状に分布している．このほかには，砂質と中シルトの漸移帯の堆積物として中シルトの分布域を帯状に幅狭くふちどっている．一般に堆積物の分布は環境条件，とくに地形や流れに対応しているが，堆積物分布の水平的な変化は連続性，すなわち，粒径順に配列された側方変化を常に示すとは限らず，不連続的に変化する場合も多い．Fig. 3の粒径中央値の等値線の分布は，一応連続性をもたせて描かれてはいるが，本湾でもっとも微粒な中シルトへ移る変化は，等値線の収束からも明らかなように，かなり急激で，先にも述べたように極細砂や粗シルトを欠いている部分の海域も多いと考えられる．

以上，粒径中央値から湾内の底質分布の特徴について述べた．粒径中央値の分布は，本湾でも海底地形や水塊分布と，かなりよく対応していると言えよう．

湾口南岸から粟野口埼付近の海岸には前節で述べたように岩礁地帯が多く，堆積物は本湾では最も粗い粒子で構成され，含泥量5％以下でほとんど泥を含まない堆積物も分布している．堆積物の粒度組成に最も深く関与しているとみられるこの付近の一般的な流れは春秋の大潮期でも20cm/s 以下で弱い．今，水底に沈積している堆積物と流速の関係を石英や長石の粒子を例にした初動速度（流れが粒子を動かし始める流速）についてみると，Fig. 4[6] のようになっており，最も動きやすい砂質（$Md\phi=1\sim2$）でも20cm/s 以上の流速でなければ動かず，流速 20cm/s 以下では礫から微粒な粘土にいたるまで堆積が促進されることになる．もちろん，比重や大きさの異なる粒子で構成されている堆積物であるので，実際の海底では，Fig. 4 に示されるとおりの運動様式が成立するとは思えないが，この海域では堆積物の粒度組成と流速の関係は一見矛盾しているかのようにみえる．しかし，これまでの測流結果によれば，湾外に比べると湾口全般にわたって確かに流速は弱いけれども，前述のように湾外から侵入してくる波浪やうねりの侵入経路にあたっている湾口南岸沿いには沿汀流が発達する海域とみられており，この沿汀流は砂質以下の堆積物粒子の初動速度を大きく上回り，微粒子の堆積を許さないほど強勢なものと考えられる．

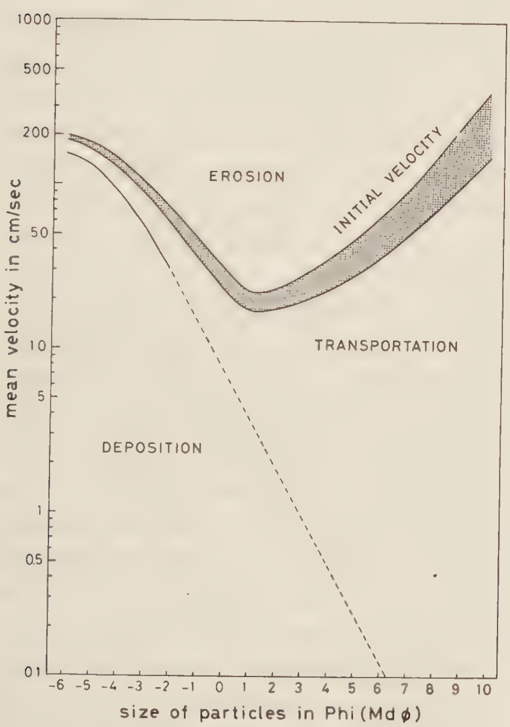


Fig. 4. 水中における堆積物の初動速度（奈須，1976）
Initial velocity of particle size in water (Nasu, 1976).

粗粒堆積物の分布からみると，湾外からの波浪やうねりの影響の及ぶ範囲は，粟野口埼付近までとみられる．また等深線図からもわかるように，20m深線が沖合に向かって舌状にのびており，この部分は湾奥への波浪の侵入を防ぐ役割も果していると同時に沖合へ流れる離岸流（rip current）の発生し得る海域とみられる．以上のように海底地形，堆積物，流れなどの特徴からみると，粟野口埼と本油谷を結んだ海域に湾奥部と水域を区分する境界が形成されているようである．なお，粟野口埼から湾口にかけての砕波帯は10m深付近までで，沿汀流の発生もそれ以浅で，より発達することが考えられる．

本湾で最も微粒な堆積物が分布する湾奥部一帯は，海水流動がきわめて弱く，隅田川や粟野川などの河川から供給された微粒子が堆積するものと推定される．この海域は海底地形と相まって先にも述べたように反時計回りの弱い環流の形成が認められており，環流域下の堆積物の特徴を表わしていると言えるし，開放的な湾口や粟野口埼以西の南岸沿いと性格が異なり，閉鎖型の強い水域となっていることを泥質堆積物の分布が示唆している．

堆積型

湾内における底質分布は，前節で述べた環境特性と多少関連づけ，粒径中央値の水平分布によってよく表わすこともできる．しかし，粒径中央値は同じ値を示していても，海水流動や供給される物質の質と量などの相違によって粒度組成，すなわち混合特性は異なってくるので，最も明らかにしたい堆積物の内容と堆積環境の関連を検討するためには粒径中央値のみでは，なお不十分である．そのための有効な方法として，Inman *et al.*[7] が提唱した堆積型の識別がある．この方法は，粒径中央値に対する淘汰係数（*So*）や歪度係数（*Sk*）を示すことにより，それらの対応する点の集合特性から堆積型を分離するもので，アメリカ西岸のそれぞれ異なった堆積環境における研究で基本的には5つの堆積型を設定している．鎌田はこの方法に準じて九州西方海域の有明海や橘湾などにおける多くの研究で，堆積型の識別を行い堆積環境と関連づけて浅海堆積物の特性を明らかにしている[8-11]．

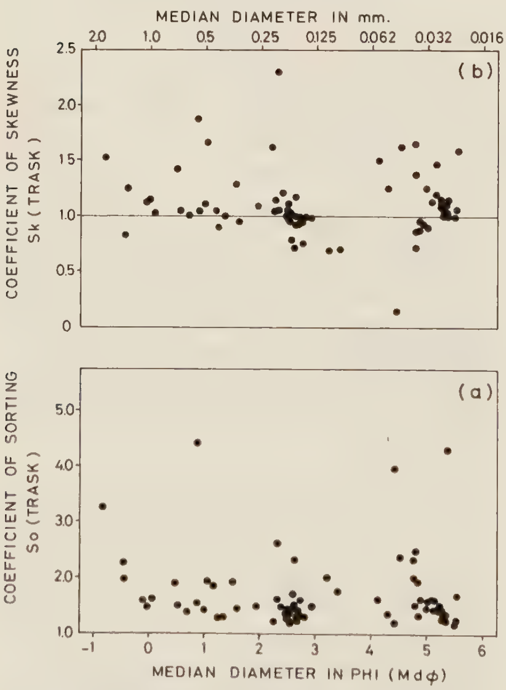


Fig. 5. 粒径中央値に対する淘汰係数 *So* と歪度係数 *Sk* の関係
Relation between coefficient of sorting and median diameter (a), and relation between coefficient of skewness and median diameter (b).

前述の粒径中央値に対する淘汰係数と歪度係数の関係を示したのが Fig. 5 である．全般的にそれぞれの粒径に応じて特徴ある集団が認められる．淘汰の良好な堆積物は粒径中央値が 0～3 *φ* の砂質堆積物と 5 *φ* 台の堆積物のなかに多くみられる．5 *φ*台の泥質堆積物についてはあとで述べるが，とくに淘汰の良好なものは 2 *φ* 台の細砂の堆積物である．この堆積物は湾口中央部や湾奥部の伊上浦～河原の沿岸に分布しているが，伊上浦～河原の海浜砂のなかには *So* が 1.25，*Sk* が 1 付近にあって，極端に淘汰が良く，かたよりのない粒揃いのものもあった．これは，佐藤[12]が砂質堆積物で分類している O 型，および鎌田[11]による橘湾の加津佐沿岸や千々石海岸沿いに分布する I 型の海浜砂に相当する．従来から多くの研究で淘汰の最も進んだものは，堆積環境の条件にかかわらず中・細砂の堆積物であることが明らかにされているが，佐藤[13]や奈須[6,14]は礫と砂および砂と泥の分離機構を流体力学的に論じ，細砂で淘汰が良好な理由を説明している．また，奈須ら[15]は中・細砂で淘汰が最も進んでいるのは普遍的な傾向であることを述べている．鎌田[8,9]，鎌田ら[10]は粒径中央値が 0～3 *φ* の粗砂～細砂の砂質堆積物をⅡ型とし，さらに1.5～2 *φ* 付近をもって，粗粒のⅡa型と5％以上の泥を含む細粒のⅡb型に分けている．この際，Ⅱa は $Sk>1$，Ⅱb は $Sk<1$ で，粗粒部では淘汰が悪くなるとともに，粒径中央値につき粗粒部にかたよる堆積物が多くなっている．Ⅱ型に属する油谷湾の堆積物についてみると，Ⅱb型（2 *φ* 台）で $Sk>1$の値をとるのがかなり目立ってはいるが，Ⅱ型全体としては鎌田のⅡ型の堆積物と同様な特徴を示している．Ⅱa 型や粒径中央値が 0 *φ* 以下のV型として識別されている堆積物は，一般に岩礁地帯や潮流の強い海域に発達するが，石灰質の生物遺骸の破片を多量に含んでいる場合が多い．本湾の湾口南岸沿いや本油谷の南西沿岸に分布する粒径中央値が 0 *φ* 以下の粗粒堆積物はV型に相当する．さて，泥質堆積物の大部分が含まれるⅢ型（$Md\phi=3\sim8$）は，堆積海域の実状に応じて2つまたは3つに細区分されて考察されている．鎌田ら[10]や筆者[16]が行った橘湾の研究結果では，*Mdφ* が 6 *φ* 付近までは細粒になるほど淘汰が悪く，その散らばり度合も大きくなる傾向があって，$Sk<1$ の値をとることがこの場合の著しい特徴とされている．しかし，油谷湾では，Fig. 5 に見られるように 5 *φ* 台を

中心とした堆積物は，他の海域で識別されているⅢ型の特性とは全く異なった特徴を示している．淘汰がかなり良好であるばかりでなく，大部分の堆積物が $Sk>1$ を示しているのは，これまでにあまり例を見ない顕著な例と言える．このように，本湾の泥質堆積物が特異な淘汰や歪度を示す原因については，粒度組成の吟味，後背地の地質や河川から運搬される土砂の質と量，さらに堆積環境などの諸側面から検討する必要がある．鎌田[1,9,10] によれば，一般に淘汰の良い粒度付近では堆積条件に安定さがあり，その逆に淘汰の悪い中間相，すなわち，砂泥亜相や砂礫亜相の堆積物が出現する海域は堆積条件として不安定であることを指摘している．また筆者[16]が橘湾の流れや水塊配置などから検討した結果では，淘汰の悪い粗砂や粗シルト堆積物が分布している湾東部と湾西部は潮流も強く複雑で，また潮境などの形成もみられており，環境条件が幾つか重複し，堆積条件として安定さを欠いた海域にあたっている．

油谷湾の泥質堆積物の粒度組成は，粘土粒子の含有率がきわめて少なく，5〜6 φ の粒子にモードが存在することを特徴としているので，独得の堆積型を示すのは当然と言えるかも知れない．先にも述べたように粒径中央値が 4〜6 φ 付近の堆積物は一般に淘汰が悪く，有明海や橘湾では堆積条件の不安定な海域に形成されているが，油谷湾におけるこの堆積物の分布域は潮流も弱く，環流形成域の内側にあたっているので堆積条件として安定性があるものと推定される．

砂ーシルトー粘土の含有率（sand-silt-clay ratio）による底質

はじめに，含泥量について述べる．粒径中央値と含泥量の関係を Fig. 6，含泥量の水平分布を Fig. 7 にそれぞれ示した．堆積物の含泥量は一般に粒径中央値（$Md\phi$）が大きくなると，増加する傾向のあることが知られている．Fig. 6 に示されているように，油谷湾の堆積物も同様な傾向を示し，とくに 3 φ 付近を境にして，$Md\phi$ が大きくなると，直線的に含泥量が増加し，$Md\phi$ が 5 付近での含泥量は90%以上になっている．したがって，含泥量の等値線と粒径中央値（Fig. 3）のそれはよく対応した分布パターンを示している．しかし，$Md\phi$ が 3 以下の含泥量の変化は急激で，2 φ 以下の堆積物の含泥量は大半が 5 %以下となっている

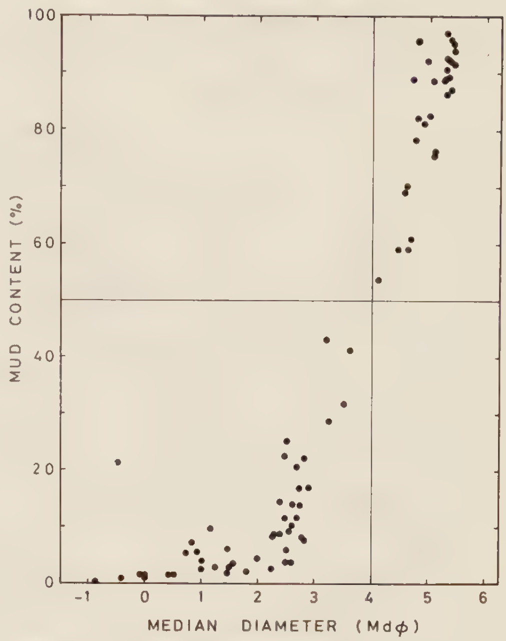


Fig. 6. 粒径中央値と含泥量の関係
Relation between median diameters and mud contents.

ので，この部分では $Md\phi$ と含泥量の等値線は必ずしも一致しない．本湾の堆積物で興味深いのは $Md\phi$ が 6 以下の堆積物であるのにかかわらず，微粒堆積物（$Md\phi>6$）が発達している有明海や橘湾の粒径中央値と含泥量の関係と同様にきわめて高い相関を示していることがある．このように泥質堆積物において粒径中央値の範囲は異なっていても，粒径中央値と含泥量の相関が共通して高いのは，潮流が卓越している有明海や橘湾とそうでない油谷湾の堆積条件の相違によって生ずるものであろうか．その理由については明らかでないが，泥質堆積物ではそれぞれの粒径中央値に応じて粒度組成を形成する際に共通した条件が存在しているのではないかと考えられる．なお，本湾の泥質堆積物は粘土粒子が少ないと前に述べた．ＳＫ式の採泥器であるために，採取の際，細かな粒子を流失するという恐れもあるが，同じ器具を使って東シナ海など比較的に水深のある海域で，実際に採取してみると，粘土粒子を含んだ微粒堆積物は一般に粘着性があって，採取時に流失することはほとんどないことが経験的に知られている．油谷湾は水深も浅く，粒度組成に影響を与えるほど細かな粒子の流失はなかったとみられる

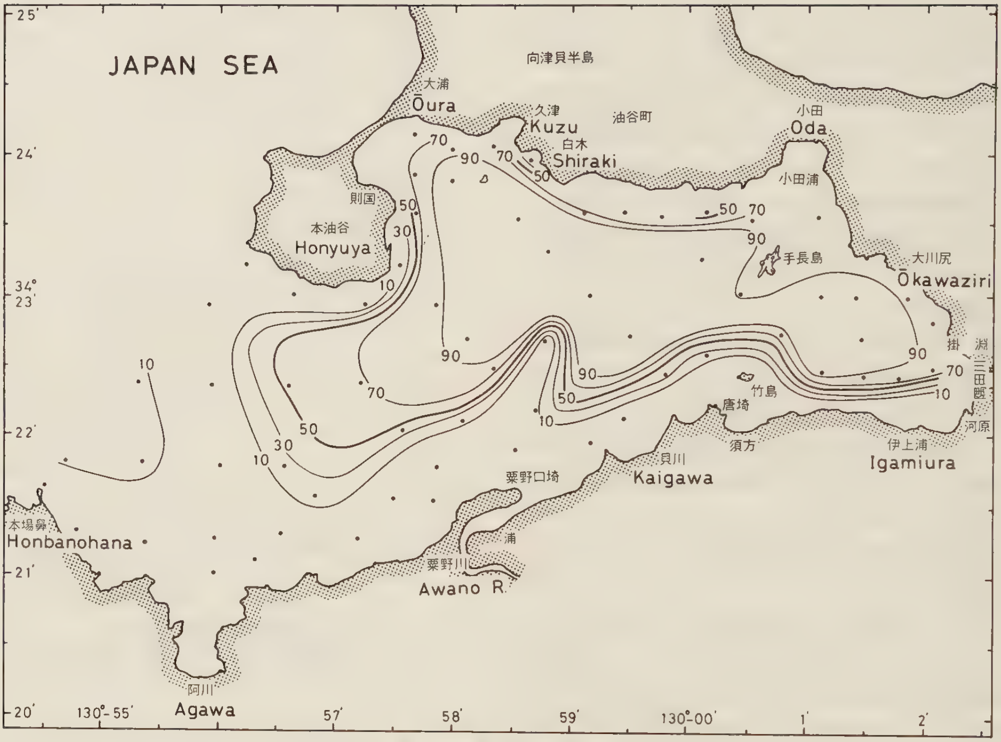


Fig. 7. 含 泥 量 の 分 布
Areal distribution of mud contents (%).

が，粘土粒子の含有率は著しく低い値を示している（5～10%）．これについては後でも述べるが，分類される底質に顕著な特徴として反映されている．

これまでに粒径中央値と堆積型および含泥量の特徴をそれぞれ述べた．次にそれぞれの特徴を相互に関連づけながら，さらに油谷湾の底質分布を検討するために，Shepard [17] が提唱した sand-silt-clay ratio（Fig. 8）による堆積物の分類法を適用した，この方法は，粒径の幅広い個々の粒子から構成される堆積物，とくに含泥量の多い海域の底質を分類するのに適しており，Fig. 8 に示されているように，sand, silt, clay の3成分の含有率より分類される堆積物は三角座標上で，さらに具体的に名称を与えることができる．本湾の堆積物は Fig. 9 のように 4つのブロックに分類される．$Md\phi$ が3以下の砂質堆積物は，すべて sand に含まれる．それ以上の細分は，先に述べた粒径中央値やそれを基準として識別される堆積型，および gravel-sand-silt(+clay) ratio などにたよらなければならない．$Md\phi$ が0以下の V型の堆積物は礫（50%以上）を含む gravely sand である．I型およびII型もすべて sand である．このなかでIIa 型は中砂（medium sand），II b型は細砂（fine sand）となる．粒径中央値が 3 ϕ 台の堆積物は砂を 50% 以上含む silty sand となる．さて，シルト以下の粒子を 50% 以上含む泥質堆積物は sandy silt と silt に分類される．sandy silt に属する堆積物は粒径中央値が 4 ϕ 台（5 ϕ 台の2試料を除く）である．そのほかはすべて silt に属している．泥質堆積物において高い相関を示す粒径中央値と含泥量および含有の少ない粘土粒子（20%以下）を特徴としているので必然的に silt として分類されるが，先に粒度組成や底質の分類に顕著な特徴がみられると述べておいたのは，Shepard の方法で泥質堆積物を分類すると silt に集中しているという理由からである．これについて，泥質

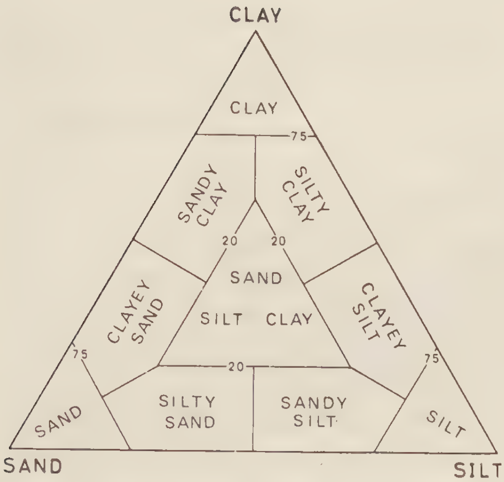


Fig. 8. Sand-silt-clay の含有率にもとづく堆積物の命名法
Nomenclature based on sand-silt clay percentage (SHEPARD, 1954).

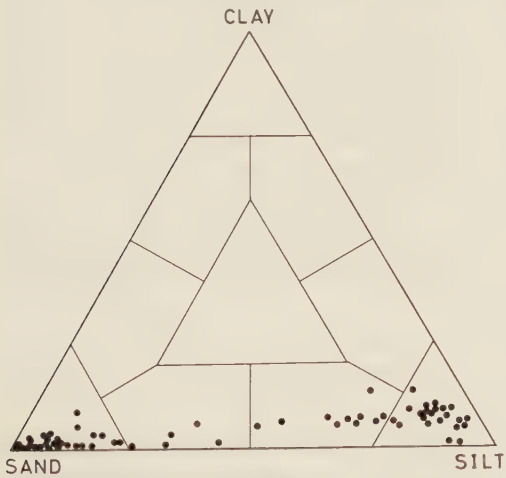


Fig. 9. Sand-silt clay の含有率を示す三角座標
Triangle diagrams showing sand-silt clay content of samples.

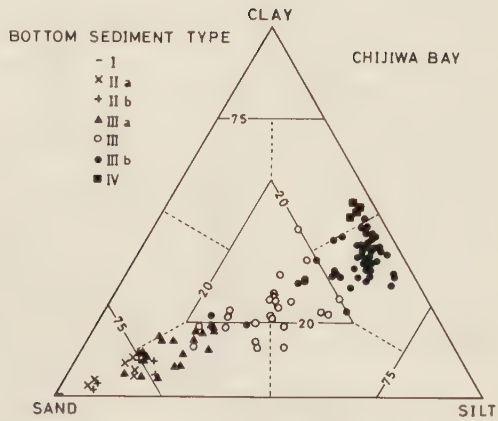


Fig. 10 砂—シルト—粘土の含有率三角座標上における堆積型の分布（鎌田ら，1973）
Sand-silt-clay ratios of each sediment types (KAMADA *et al.*, 1973).

堆積物が発達している橘湾や有明海を比較すると特性の相違が一層明確になる．橘湾の例[10]を Fig. 10 に示した．橘湾に限らず有明海の堆積物においても，三角座標上では silt に属する堆積物は1例もなく，clayey silt に属している．また，本湾の泥質堆積物と粒径中央値がほとんど同じ橘湾の堆積物（$Md\phi=4\sim6$）は silty sand と sandy silt に属するものが数個ある程度でそのほかは，すべて sand-silt-clay に分類されている．同じ分類の基準であっても砂，シルト，粘土の成分の比率から相違が生じるわけであるが，油谷湾の泥質堆積物は 4 ϕ 以下の砂粒子の含有率は橘湾や有明海の堆積物とほぼ同じ位の値を示しているけれども，繰り返して述べているように粘土粒子がきわめて少ないためである．このことは，有明海や橘湾におけるⅢ型（$Md\phi=4\sim6$）の堆積物 $Md\phi$ が大きくなるにしたがって淘汰が悪く，$Sk<1$ で微粒の方にかたよる傾向を示すのに対し，油谷湾では逆に淘汰が良くなり，$Sk>1$ で粗粒の方にかたよるという対照的な特徴を示している理由でもある．

底質の分布

今までに堆積物の粒度組成にもとづき，油谷湾の堆積物の全般的な特徴について考察した．それぞれの側面からみてきたことを整理すると次のようになる．粒径中央値によって底質を表わすと，極粗砂〜中シルト堆積物までの7つに区分される（表参照）．粒径中央値を基準に淘汰係数と歪度係数の関係からその特徴を識別すると 5つの堆積型に分類され，SHEPARD の sand-silt-clay ratio に従えば4つに分類される．これら3者のそれぞれの特徴を総合すると，油谷湾の底質分布は Fig. 11 のように表わされる．黒くぬりつぶした部分は海図（No. 115）と山口県外海水産試験場の調査結果[2]にもとづくもので，岩礁地帯を示している．岩礁地帯の底質は岩盤の露出部分もかなりみら

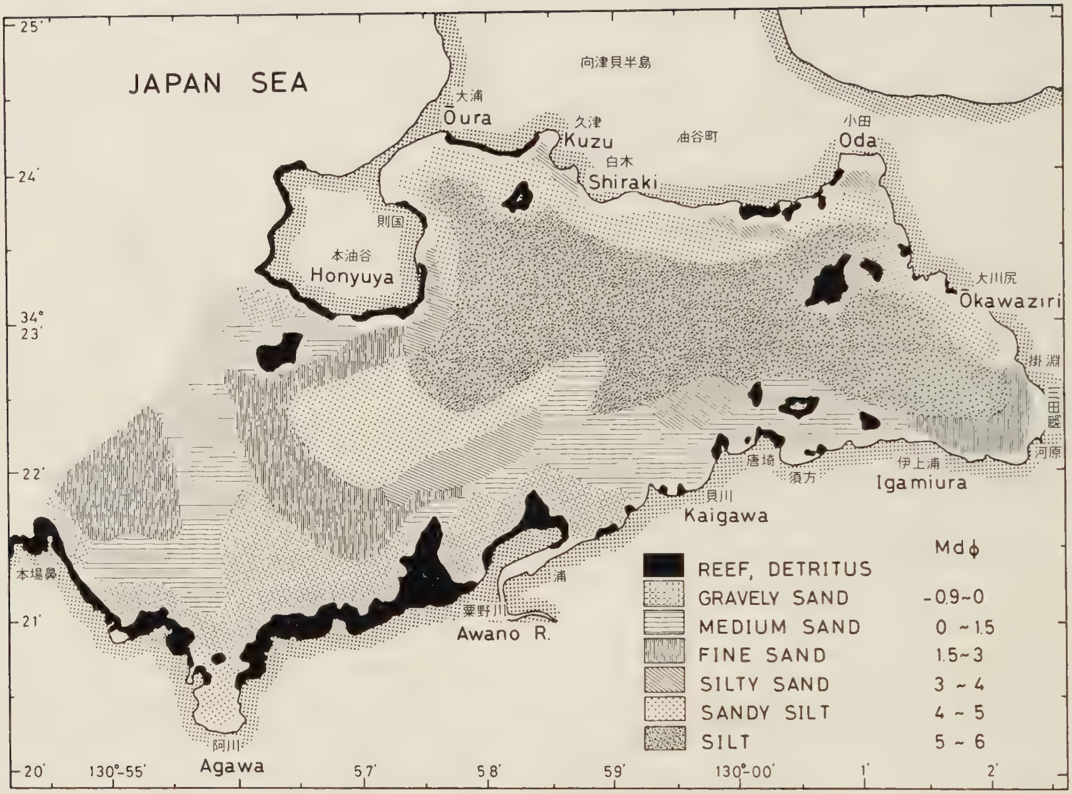


Fig. 11. Sand-silt-clay ratio, 粒径中央値および堆積型から分類した底質分布
Distribution of bottom sediments with sand-silt clay ratio, median diameters and sediment types.

れ，また礫や石灰質の生物遺骸の破片も多く堆積している．粟野口埼から湾口にかけての岩礁地帯の前面にはV型として識別されたほとんど泥を含まない極粗砂～礫まじりの砂（coarse sand～gravely sand）の堆積物が分布している．この堆積物も生物遺骸の破片をかなり含んでおり，潮流の強い海域の堆積物の特徴を示している．なお，手長島の周辺と本油谷の南西端にもこの堆積物が分布している．含泥量5％以下のⅡa 型の堆積物は中砂を主体としているが湾口部と粟野口崎の沖から伊上浦の沿岸寄りに分布している．

Ⅱb型は湾口部と湾奥の隅田川河口沖合に分布し，$Md\phi$ が2～3の細砂（fine sand）である．淘汰の良好なⅠ型もこれに含まれる．sand-silt-clay ratio によって分類された silty sand は本油谷南岸の一部と粟野口埼および唐埼の沖合にそれぞれ分布している．sandy silt は 4ϕ 台の粗粒シルト堆積物で湾の北側の沿岸沿いと湾口よりやや内側の中央部にみられ， silt の堆積物の 分布域を とりまく ようにして 分布している．

湾内で最も広く分布しているのは silt で主に $Md\phi$ が 5ϕ 台の中シルト堆積物である．含泥量は85％以上の堆積物が大部分を占めている．この部分はすでに述べたように油谷湾の湾奥水塊の分布域にあたり，また反時計回りに形成されている環流の内側で海水の動きがきわめて弱い海域でもある．なお，粒径中央値による底質分布のところでも述べたが，砂質堆積物から泥質堆積物へ底質分布が変るときの状態には，かなり急な海域がみられる．中砂堆積物（Ⅱb）から中シルト堆積物（silt）に変える際， fine sand（細砂）や silty sand（極細砂）および sandy silt（粗粒シルト）が欠けている場合がある．このような不連続的な底質分布の変化要因として，海底地形や海水流動様式の違

いがあげられよう．以上のように油谷湾の底質の特徴を岩礁地帯も含めて，7つに分け，その分布パターンを述べた．

要　　約

油谷湾における77個の堆積物試料について粒度分析を行い，その粒度組成にもとづいて底質の特徴を考察した結果を要約すると次のようになる．

1．油谷湾は湾口が直接外海に開口しているので，形態的には開放型の湾である．しかし海水流動や水塊分布の特徴などからみて湾内全体を開放型とは言いきれず，開放的な性格は湾口から南岸沿いの粟野口埼付近までと考えられる．湾の北側から湾奥部は地形や堆積物の粒度組成などからみて湾口と湾南岸沿いから水域を分けられ，閉鎖性の海域と推定された．

2．湾口南岸沿いから粟野口埼の沿岸にかけては，岩礁地帯の形成や堆積物の粒度組成からみて，海水の動きはかなり強く，沿汀流の発達の機会が多いことが示唆された．

3．淘汰の最も進んだ堆積物は，本湾でも細砂（*Mdφ*＝2〜3）であるが，一般に淘汰の悪い堆積物である粗・中シルト（*Mdφ*＝4〜6）堆積物が，本湾では淘汰が良く，しかも，*Sk*>1 の値をとっているのは目立った特性と言える．したがって，SHEPARD の sand-silt-clay ratio の分類を適用すると，泥質堆積物は silt に集中する．

4．油谷湾の堆積物を粒径中央値（*Mdφ*），堆積型，および SHEPARD の分類命名法から識別して，これを総合すると，沿岸域に形成されている岩礁地帯を含めて7つの底質分布となる．

5．油谷湾における堆積物の粒度組成から底質の特徴を堆積環境などと関連づけて検討した結果，粒度組成は他の浅海堆積物とかなり異なった特性を示す部分もあったが，全般的な底質分布は海底地形や水塊分布および海水流動とよく対応していることが認められた．しかし，大きさ，形，比重など異なる個々の粒子から構成されている堆積物は，堆積環境，とくに海水流動によって組成の内容が大きく変わると考えられ，堆積物の粒径分布と堆積環境の対応をより具体的に解明するためには，いろいろな側面から粒度組成を検討する必要がある．また，ベントスや生物遺骸などの組成も含めて考察すれば海域における海底地形環境は一段と明らかになってくると考えられる．

文　　献

1）鎌田泰彦　1979：大陸棚堆積物の性状と分布 −主として九州周辺海域を例として−．第25回西海区水研ブロック漁海況予報会議第8回シンポジウム報告書，37-60，水産庁西海区水産研究所．

2）水産庁　1975：特定地域（油谷湾）漁業振興および環境整備基本計画調査報告書，1-318．

3）第七管区海上保安本部水路部　1979：角島周辺海域潮流観測報告書，1-40．

4）Y. OGAWA, T. NAKAHARA and R. TANAKA 1977：Hydrographic Nature of Coastal Fishing Grounds in the Southwestern Japan Sea. *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, (50), 73-126.

5）俵　悟・大内　明　1980：油谷湾の海況および隣接海域の流況について．西水研研報，(54)，15-44．

6）奈須紀幸　1976：海洋地質．海洋学講座5，215 pp.，東京大学出版会．

7）D. L. INMAN and R. K. CHAMBERLAIN 1955：Particle-size distribution in nearshore sediments. "*Finding Ancient Shorelines*", 106-129.

8）鎌田泰彦　1966：千々石湾茂木沖の海底堆積物の砂粒組成．長崎大学学芸学部自然科学研究報告，(17)，45-54．

9）鎌田泰彦　1967：有明海の海底堆積物．長崎大学教育学部自然科学研究報告，(18)，71-82．

10）鎌田泰彦・堀口承明・井上昌幸・渡辺博光　1973

：長崎県千々石湾の底質―とくに泥質堆積の分物布について―．長崎大学教育学部自然科学研究報告，(24)，61-79.

11) 鎌田泰彦 1977：長崎県壱岐嫦娥瀬戸の底質．長崎大学教育学部自然科学研究報告，(28)，87-102.

12) 佐藤任弘 1961：浅海堆積物の粒度型について．地質学雑誌，**66**，58-65.

13) 佐藤任弘 1959：熊代沖の底質（Ⅱ），(砂の分類に関する一考察)，水路要報，**60**，45-51.

14) 奈須紀幸 1958：浜砂の生成機構．科学，**28**,(10)，520-525.

15) 奈須紀幸・加賀美英雄・中条純輔 1962：東京湾の海底地質． 日本海洋学会 創立20周年 記念論文集，98-119.

16) 井上尚文 1970：橘湾の海底地形の概要と堆積物の粒径分布．橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査報告，23-32，西海区水産研究所.

17) F. P. Shepard 1954: Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. J. *Sed. Petrol.*, **24**(3), 151-158.

油谷湾の海況および隣接海域の流況について

俵　　悟*・大内　　明**

Hydrographic Condition of Yuya Bay and Current Pattern of Adjacent Waters

Satoru TAWARA* and Akira ŌUCHI**

A grand project of clarifying the mechanism of recruitment of coastal fishes was organized by Shimonoseki Branch of Seikai Regional Fisheries Research Laboratory. As a part of this project, in this paper the hydrographic conditions of Yuya Bay were dealt with to get basic information of the environmental conditions in the nursery ground for coastal fish community. The records used in this paper were as follows daily observation of water temperature at the fixed stations in the bay, continuous current measurement at the mouth of the bay, water temperature and salinity measurement at several layers between the surface and bottom and drift-cards and drift-bottles released at the probable spawning grounds of the red sea bream. And special attention was paid to find the seasonal variation and short time-scale fluctuation of temperature, salinity and current.

The results obtained are summarised as follows:

1) Most of the parts of water in Yuya Bay were occupied by the open sea water.

2) Seasonal variations of water temperature and salinity were similar to those of the open sea.

3) The front which was the boundary between inner water and open sea water was recognized along the maximum density zone near the mouth of the bay only in winter, February and March.

4) Constant flow of the bay was usually a weak counterclockwise circulation, its velocity being 3-4 cm/sec at the mouth of the bay and 1-2 cm/sec at the head of the bay.

5) A 3-5 days periodic fluctuation of hydrographic condition was revealed by the spectral analysis of water temperature at Agawa (at the south coast of the

昭和55年1月5日受理 (Received January 5, 1980)
西海区水産研究所業績第368号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 368)
* 水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries)
** 日本海区水産研究所 (Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory)

mouth of the bay) and by the difference of sea levels between Hagi and Izuhara which was the available indicator of barotropic flow in the adjacent area of the open sea.

6) The distribution patterns of open sea water and of the water under the influence of rivers could be classified into three patterns, depending on the modification by wind stress and tidal current.

7) The results of the drift-card and drift-bottle survey and of the development stage of captured larvae suggested that the red sea bream, *Pagrus major* (Temmink et Schlegel) of this bay should be recruited from the larval population spawned in the area within 78 nautical miles west to south of this bay.

ま え が き

油谷湾をモデル水域とした沿岸域における重要魚類の補給機構に関する研究が，1972年7月から西海区水産研究所下関支所と山口県外海水産試験場と協同で始められた．その後，本研究は1975年から3ケ年計画で始められた“資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構の研究”として受け継がれた．本研究は，従来の資源研究には欠けていた魚類の初期生活期の実態の解明を目的として進められ，生物調査と並行して物理的環境の調査が行われた．これまでの調査結果のうち，概括的な海況については既にOgawa *et al.*[1] および水産庁[2] が報告しているが，その海洋構造がどのようなしくみで形成され，変動しているか，海水流動がどのような変動をしているかなどについては良く判っていない．著者等は油谷湾の海況について，湾内の定地測流，定地水温，定点各層観測結果から海洋構造の季節変化，湾内の流況，それらの短期変動特性等について解析した．また，油谷湾に補給されるマダイの産卵場からの補給機構究明の一方法として，漂流瓶および漂流ハガキによる対馬海峡から油谷湾に至る海域の流況調査を実施し，その漂着状況から流況と，産卵場から油谷湾に至る補給機構の推定を試みた．

本報告をまとめるにあたり，発表の機会を与えられた西海区水産研究所所長佐藤重勝博士ならびに資料をお送り下さった海上保安庁第七管区海上保安本部，建設省国土地理院，気象庁下関気象台の方々に厚く感謝の意を表したい．また，本稿を校閲して頂いた水産大学校教授三栖　寛博士に対し厚くお礼を申し上げる．

資 料

1972年7月から1974年11月までの各月1回の湾内定点各層観測，1973年4月から1975年3月までの湾内定地観測資料は西海区水産研究所下関支所で発行された資料集[3] を用い，厳原の潮位は海上保安庁発行の潮位表，萩の潮位については建設省国土地理院検潮所検潮記録，気象要素については気象庁発行の気象月報，気象原簿を用いた．

方 法 と 結 果

1. 海洋構造の季節変化

1) 水温・塩分・密度の鉛直構造の季節変化

山口県外海水産試験場が図1に示す定点で毎月1回行った各層観測資料にもとづき，油谷湾を代表する海

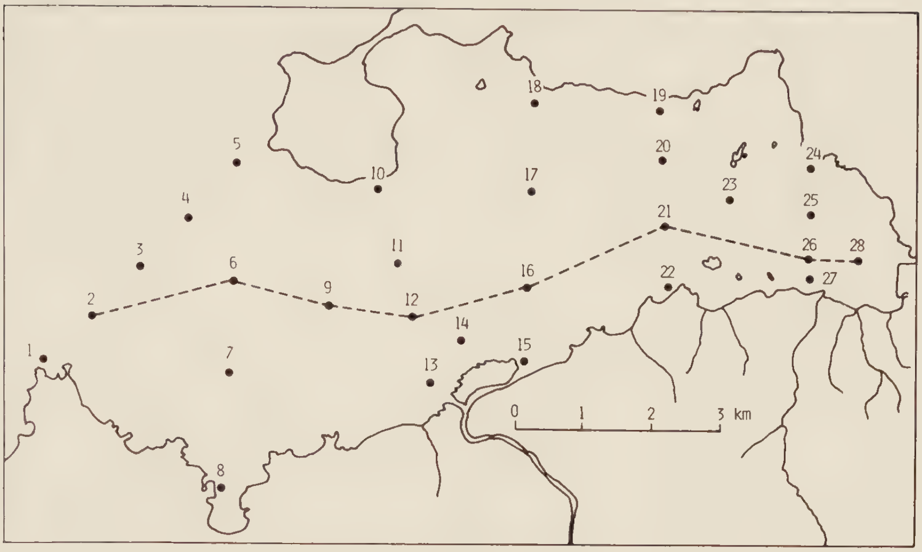


図 1.　山口県外海水産試験場海洋観測定点図

区として，湾口部（Stn. 11），湾奥部（Stn. 23）の2点を選び，1973年12月から1974年11月までの1年間の水温・塩分・密度（σ_t）の鉛直構造の季節変化を求めて図2に示した。

1月から3月の水温は表面の冷却による対流が発達し，等温線は鉛直に立っている．最低水温は2月に，表層から底層まで同じ時期に現れている．底層には外洋水の影響を受けた高温・高塩分水が存在するため

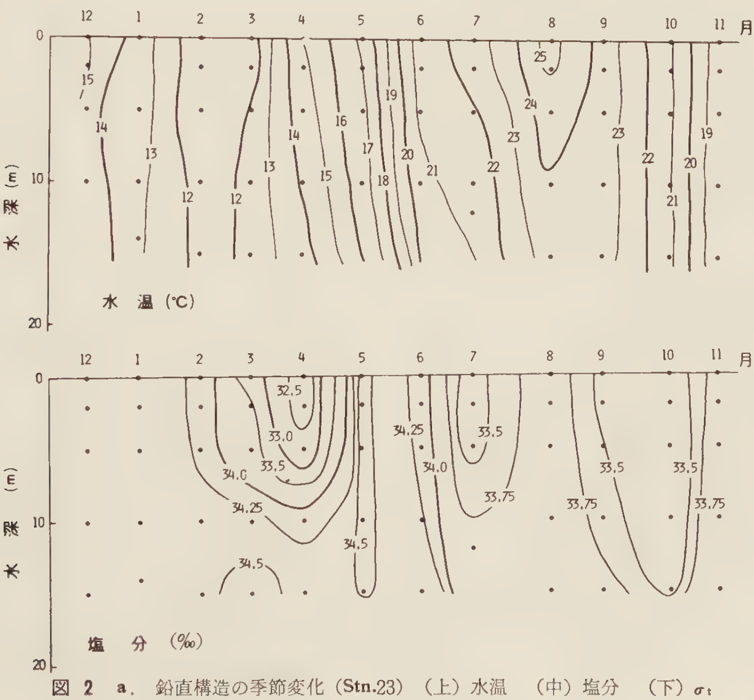


図 2　a.　鉛直構造の季節変化（Stn.23）（上）水温　（中）塩分　（下）σ_t

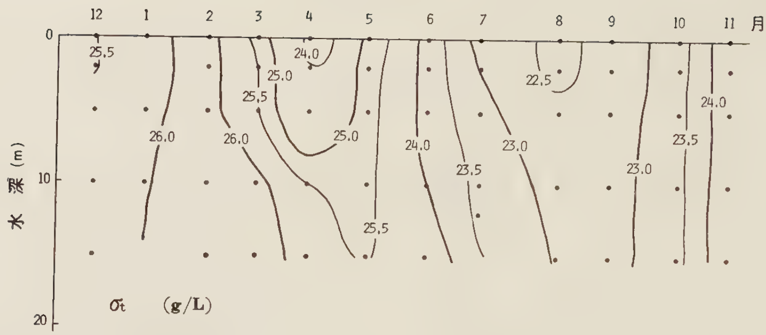


図2 a（つづき）

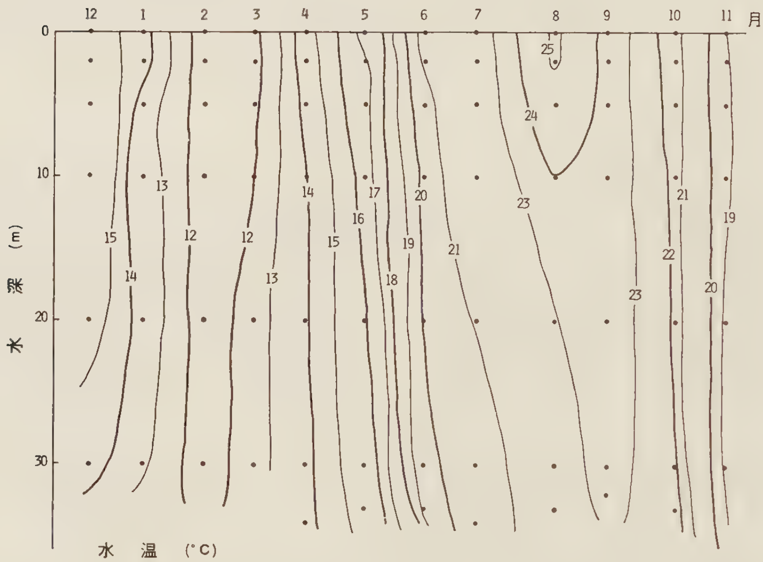




図 2 b. 鉛直構造の季節変化（Stn.11）（上）水温 （中）塩分 （下）σ_t

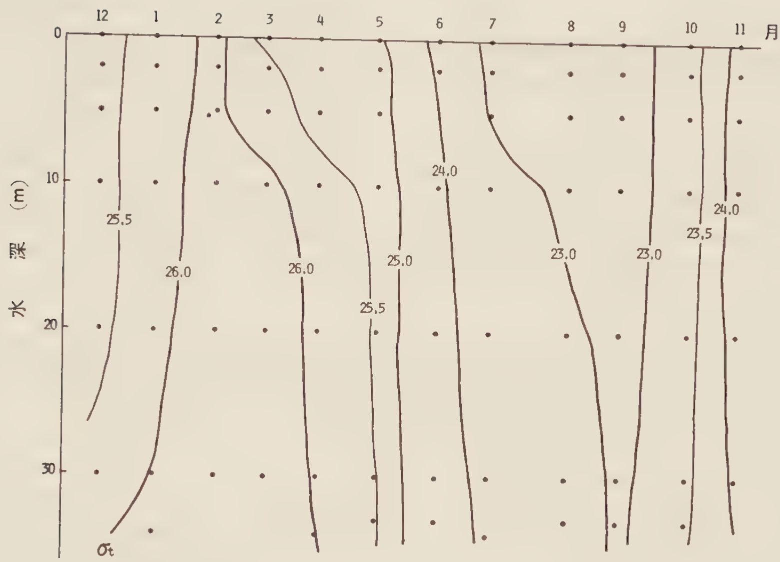


図2 b（つづき）

に，混合は必ずしも底層まで達していない．2，3月では下層の水温がやや高く，温度逆転を生じている．しかしながら，水温の逆転による密度の減少は下層に向かって塩分が増加するために補償され，密度の逆転は生じていない．

4月から5月にかけては表面の加熱により，表面水温は上昇し，温度逆転は解消し，上下層の温度差を生ずる．この温度差は8月に最大となって躍層が最も発達する．表面水温の最大は8月に現れる．この頃は成層が最も安定しているので，熱の下層への伝達は弱く，最高水温の起時は深さとともに遅れ，湾口部の30m層では約1ケ月遅れて9月に現れる．湾奥部は水深が浅いので，湾口部より遅れは小さいと思われるが，観測間隔が1ケ月であるから，それ以下の時間の遅れについては論及できない．9月には表面水の冷却が始まり，9月下旬では上下層の水温はほぼ一様になる．しかしながら，これは塩分・密度の鉛直勾配からわかるように，上下の完全混合を意味するのではなく，上層水の温度が下層水の温度に近づいたことを現しているに過ぎない．表面冷却による対流の最も発達する2〜3月においても，湾口部で水深25m以深では成層が安定している．湾奥部は河川水の影響で表面と5m層との密度を比べても，5m層の密度が常に大きい．10月の観測時には温度の逆転を塩分で補償しきれず，表面と底層との間で σ_t の値で 0.04g/L の密度逆転が生じて成層の不安定性をもたらしている．しかしながら，塩分値からみると，上下層の水は混合していないようにみえる．

塩分の鉛直分布をみると，塩分量は深さとともに増大する一般的傾向にある．10m以浅では2月から4月，6，7月，9，10月の観測時に相対的な低塩分値が認められた（図2 b）．これは，この時期に粟野川，隅田川からの流量が多かったことに起因している*．それに反して，底層の塩分は9，10月頃に極小となり，3月に極大となって外洋水の塩分変化とほぼ類似している．海水の密度の季節変化をみると，密度の最大は2月であるが，最小は表面では8月，底層では1ケ月遅れて9月に現われる．密度の鉛直匂配は，成層の安定度（$E \doteqdot 10^{-3}\frac{d\sigma_t}{dz}$）に関して重要である．季節的には暖候期の鉛直勾配は大きく，寒候期のそれは小さい．

2） **縦断面における水温・塩分・密度の分布**

図1のように湾の縦方向に点線で結んだ断面の8月と2月における水温・塩分・密度の分布を図3に示し

*河川で観測された日別雨量を用い，調査の10日前からの全雨量とStn. 11，23の表面水の塩分量との相関は−0.67，−0.78と高い．

た．

夏季には成層が発達し，水温・σ_t の等値線は水平状に走る．塩分分布をみると，湾口部の深みに低温・高塩分水が認められる．

冬季，湾内では表面からの冷却によって対流が発達し，水温・塩分の等値線は鉛直状に立っている．しかし底層には高温・高塩分の水があって温度逆転が認められ外洋水の流入が顕著に現れている．さらに密度の分布からみて，対流による上下の混合は完全でなく，表面と底層との間では密度の逆転は認められない．冬季の特徴として，湾口部に内湾水と外洋水が接触してフロントを形成していることがあげられる．このフロントは2，3月に形成され，図4の水温水平分布からStn. 9，12付近に認められる．図4に密度（σ_t）の水平分布を示したが，フロントの付近は異水系の混合によって σ_t の増加がおこり，キャバリングが起ってい

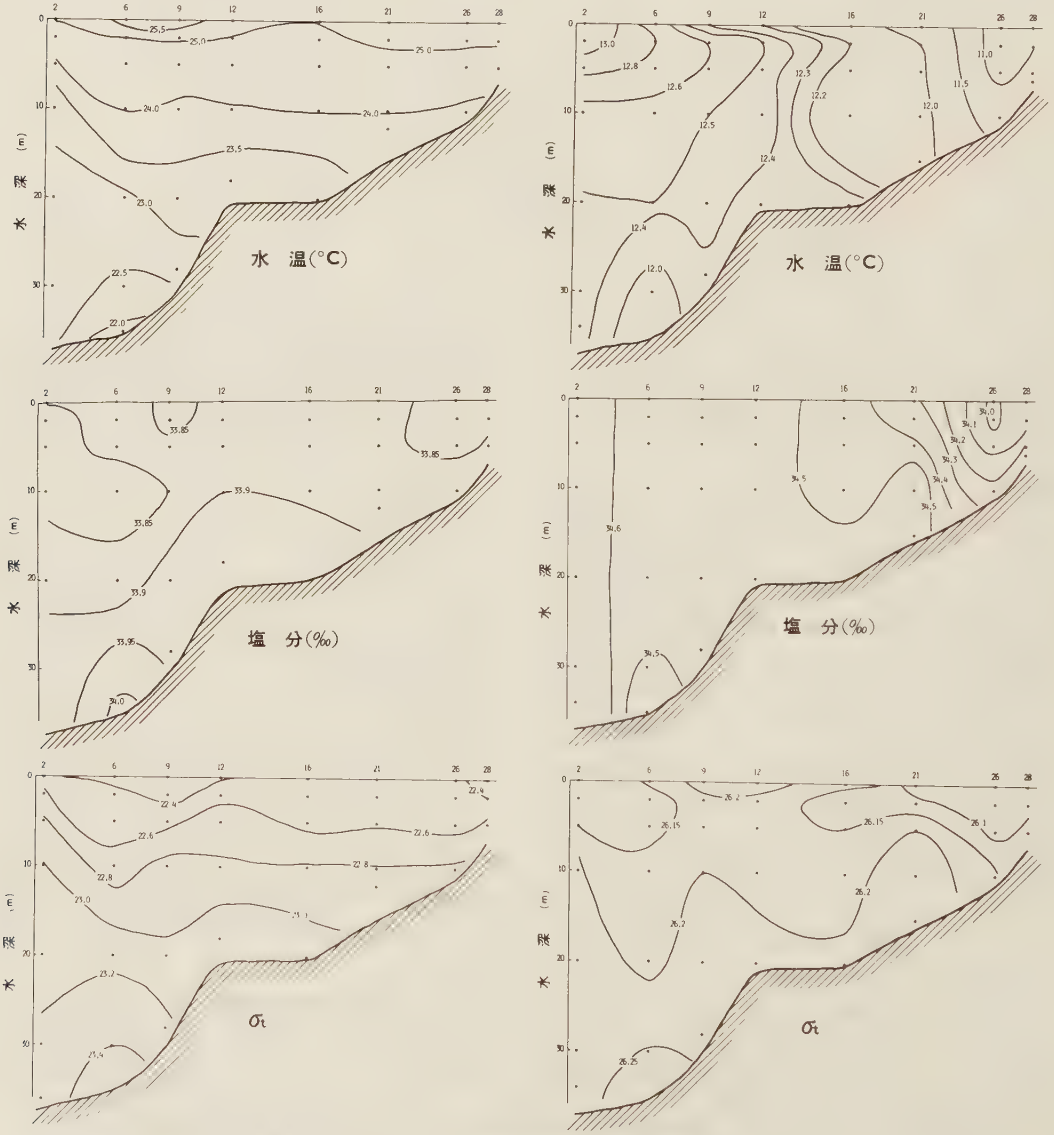


図 3．水温・塩分・σ_tの縦断面分布　　左：8月，右：2月

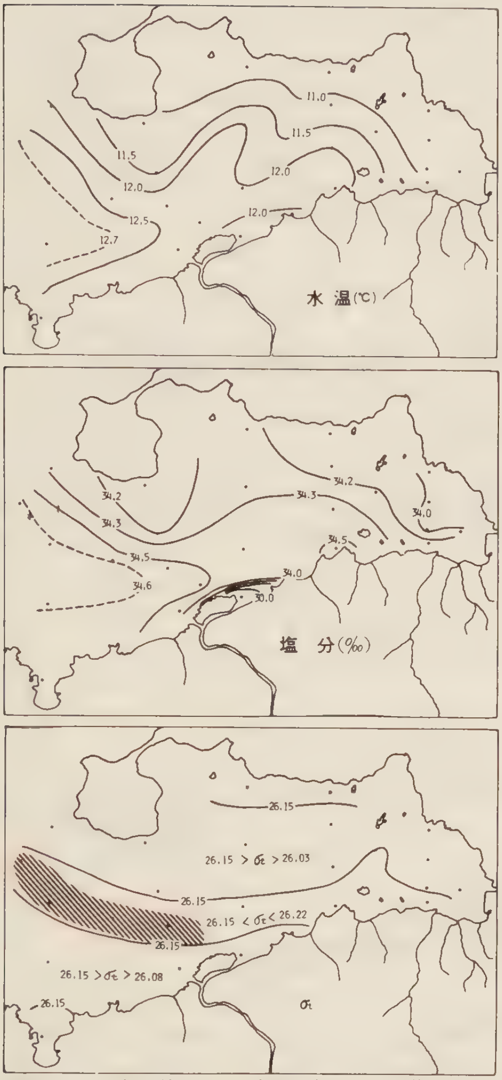


図 4．1972年２月における表面の水温(°C)，塩分(‰)，σ_t(**g/L**)の水平分布
σ_t分布の斜線部はキャバリング効果が現れた水域

るのがうかがえる．フロントをはさんだ両 Stn. の塩分値とフロント上の Stn. の塩分値から２水系の混合比を算出し，それぞれの水系の σ_t に混合比を掛けて計算された σ_t と，フロント上の水温・塩分値から計算された σ_t を比べてみると，前者より，後者の値が σ_t で0.07～0.09の増加となっている*.

ここでは，まわりの海水より密度が大きくなってキャバリングが起こる．このことからフロントは σ_t の極大帯とほぼ一致して存在している．表面水の冷却が盛んな時，湾内と外洋とのきわだった熱容量の差を生む海底の急斜面の存在によって，温度前線とこれにともなう２つの細胞状の構造をもつ熱循環が発達する．また，湾内へ河川水が流入すると，塩分循環により低温・低塩分の水が沖合へ輸送され，熱循環によって沖合から運ばれる高温・高塩分水との間に熱塩前線が生ずることが知られている[4-6]．油谷湾において，２，３月の観測時のみに湾口部に認められるフロントは上述のような機構によって形成されたものと思われる．

2．湾口部における15日連続観測による測流

前報[7]において，Stn. A，B における15日連続観測による測流結果，その恒流の時系列変化については報告した．ここでは流動の短期変動について解析したので，一部重複するが再録することにした．

油谷湾の湾外で産卵された卵稚仔魚が湾内へ輸送され，着底するまでの過程で，どのような流動環境にあるかを把握するために，湾口部に図５のような３測点を設定し，1977年６月４日から19日までの15日連続観測によって海水流動を調査し，湾央部Ｃ点では水温・塩分も併せて観測した．測流データから潮汐の日周期，半日周期成分を除去するために，25時間の移動平均をとり恒流を求めた．また，湾北約５kmの川尻岬における２時間間隔の風のデータは24時間の移動平均をとり，川尻岬の風のベクトルの時系列変化を図６に示した．風は全般的には平均風速１～２ m/sec で弱いが，観測期間の後半６月14日，17日以降は北東，４～５ m/sec の風が卓越した．恒流の時系列変化をみると，湾口南側（Stn. A）より外洋水が３～４日の周期的変化をしながら流入し，それに伴って，湾口北側（Stn. B）より内湾水が流出している．恒流の東西分

* **Stn. *A*，Stn. *B*** の塩分を S_A, S_B，密度を σ_{tA}, σ_{tB} とする．両 **Stn.** の水がフロント上 **Stn. *C*** で混合して S_C, σ_{tc}' となったと仮定する．また，**Stn. *C*** における水温，塩分値から算出されたものを σ_{tc} とする．**Stn. *A*** の水量xと **Stn. *B*** の水量（$1-x$）とが混合して **Stn. *C*** の１単位水量ができたとすると

$$S_A \cdot x + S_B(1-x) = S_C \qquad \therefore x = \frac{S_C - S_B}{S_A - S_B}$$

$$\sigma_{tc}' = \sigma_{tA} \cdot x + \sigma_{tB}(1-x)$$

$$\Delta\sigma_t = \sigma_{tC} - \sigma_{tC}'$$

上の式で求めた $\Delta\sigma_t$ を２水系の混合による密度の増加とした．

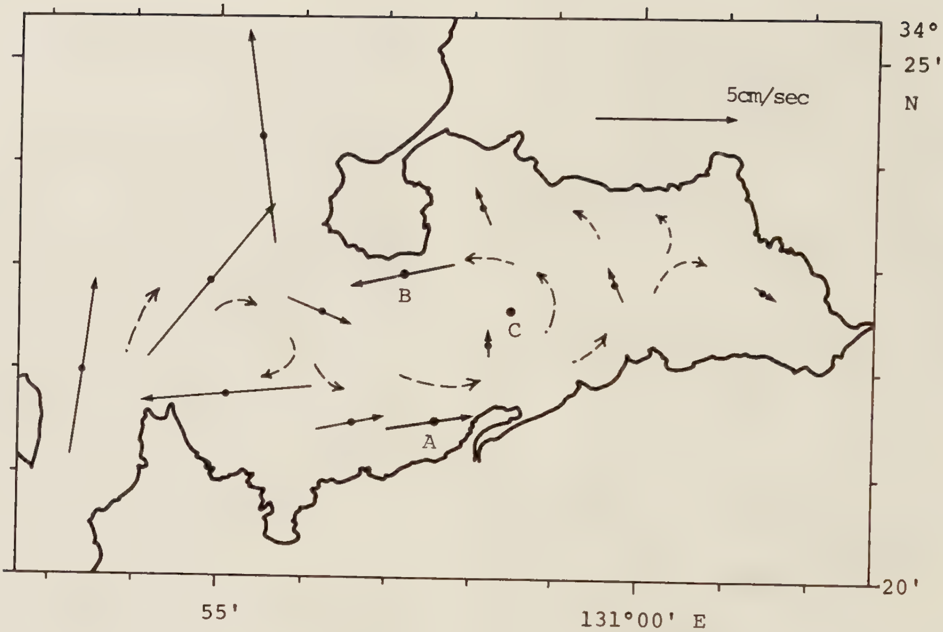


図 5. 恒 流 図

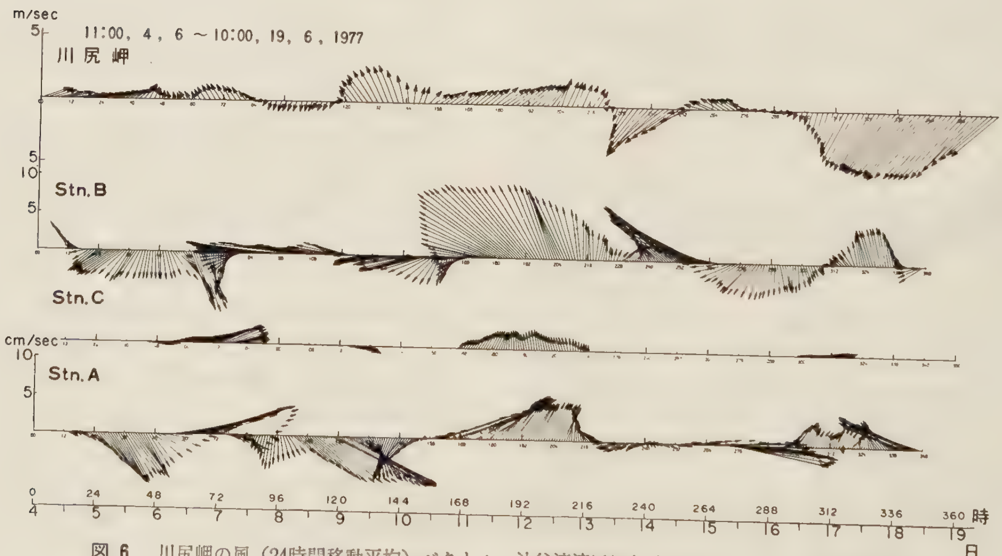


図 6. 川尻岬の風（24時間移動平均）ベクトル，油谷湾湾口における恒流ベクトルの時系列変化

速の時系列変化でみると調査期間の前半では湾口南側の Stn. A から外洋水が流入し，それに僅か遅れて湾口北側の Stn. B から流出しているのが認められる．観測期間後半の 6 月15日，Stn. B からの内湾水の流出のピークがあって，それに約12時間遅れて Stn. A からの流入のピークが認められる．このように流出入のパターンが前半と後半では異なっている．風と恒流との関連では，観測期間の前半では風は平均風速 2 m/sec 以下で弱いため，恒流への影響はほとんど認められない．Stn. A での流入の 3 つのピークは，外洋の

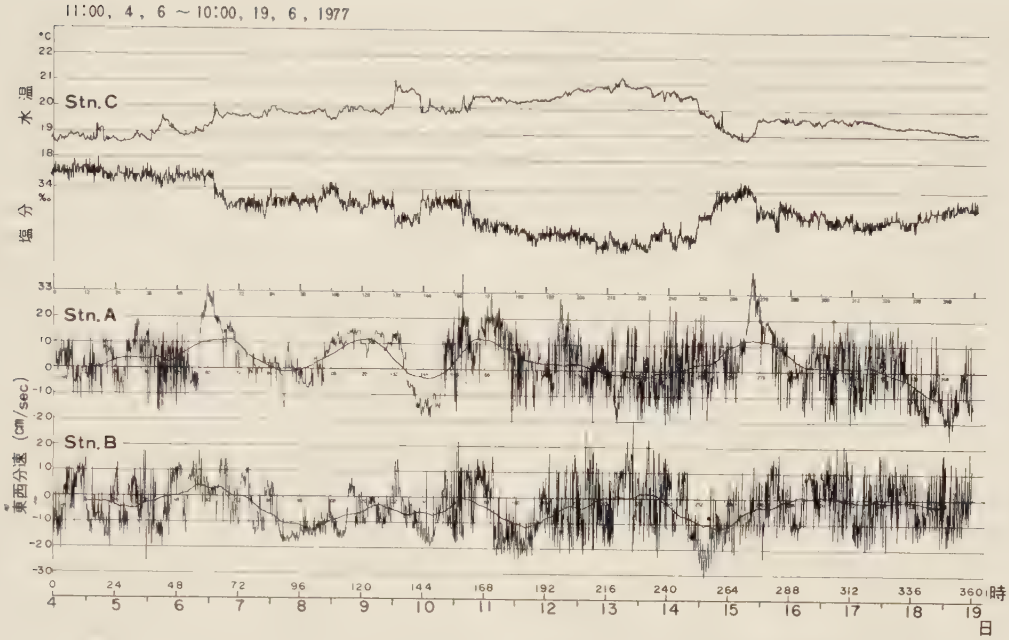


図 7.　Stn. C における水温・塩分，Stn. A, B における流れの東西分速の実測値，恒流の時系列変化

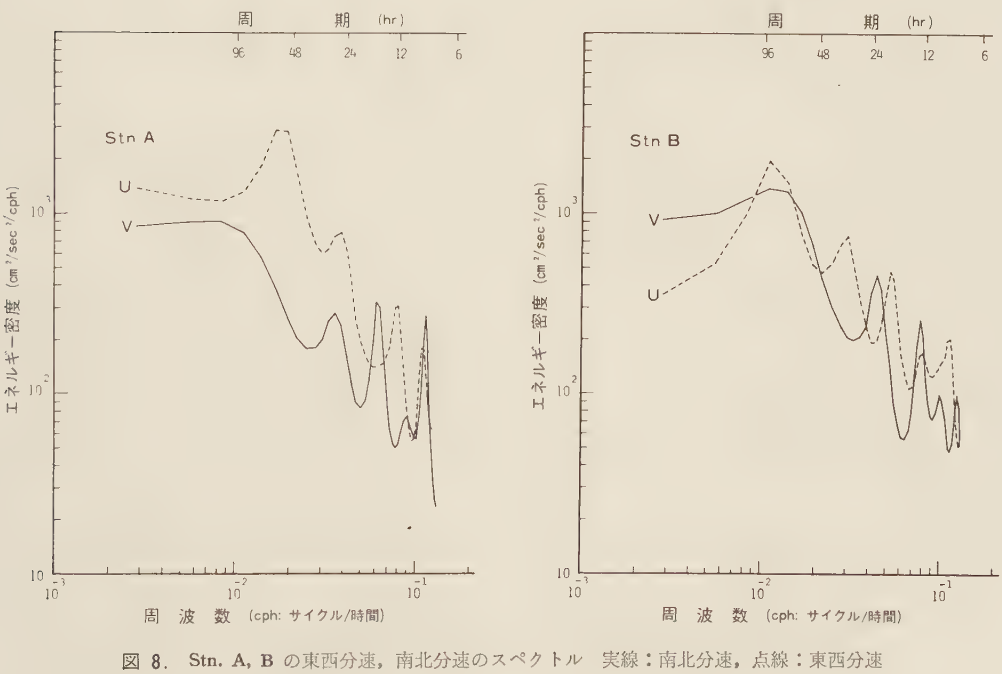


図 8.　Stn. A, B の東西分速，南北分速のスペクトル　実線：南北分速，点線：東西分速

流動の変化によるものと思われる．6月14日以降では低気圧の通過に伴って，北東風が卓越し，湾口北側 Stn. B より内湾水が流出し，南側 Stn. A では外洋水の流入のピークが約12時間遅れて認められる．その後，北東風がさらに強くなると，表層では湾口の南北側とも流出している．このように流出入の様相と機構に変化が認められたが，全期間を通じて，反時計まわりの環流が認められた．この環流は，4回消滅し，その形状，渦度の強さが変化していることが図6から推定される．Stn. C はこの環流の中心付近に位置しており，そのために流動は他の地点より弱いものと思われる．流出入の特徴的な現象は，3～4日の周期的変化のほかに，間欠的な流出入がみられる．それは Stn. A で6日の20時から7日の3時までの間流入，10日の06時から16時まで流出，15日の16時から22時の間流入が認められ，また，Stn. B では14日22時から15日04時までの間で流出が認められた．このような間欠的流出入がある時の Stn. C における水の特性変化を検討してみた．水温・塩分によって，低温・高塩分水を外洋水，高温・低塩分水を内湾水と区分し，これらの特性の変化と流動との関係を検討した．図7に示されるように，上記のような Stn. A での間欠的な海水の流出入にともなって，湾央部 Stn. C の水の特性がそれぞれ外洋水から混合水（外洋水と内湾水の中間），内湾水，外洋水へ，Stn. B での流出にともなって，内湾水へと変化している．このように間欠的な流出入と対応して水の特性のパターンが変化していることは，湾口部で，外洋水と内湾水の流出入の流軸が南北に変動していることを示唆している．Stn. A, B で海水流動の変動特性を検討するために，最大エントロピー法（MEM 法）[9] によってスペクトル解析を行った．ここでは半日周期より短い周期は，対象外として，それより長い周期についての変動特性を求めるため，測流データを1時間毎に平均値を求め，サンプリング間隔（Δt）を1時間として，スペクトル計算を行った．その結果を図8に示した．Stn. A の東西分速（U）は半日周潮，日周潮に近い周期12.8，25.6時間にエネルギー密度のピークが認められる．特に著しいエネルギー密度のピークは周期2.5日に認められる．南北分速（V）は潮汐周期，慣性周期以外の27.5，15.6，8.6時間にエネルギー密度のピークが認められる．Stn. B の U は周期3.8日に著しいエネルギー密度のピークが認められ，その他には，周期32.6，18.9，9.0時間にピークが認められる．V は潮汐周期に近い周期の22.4，12.8時間にエネルギー密度のピークが認められる．また周期3.8日にもピークが認められる．Stn. A, B におけるそれぞれの U, V のスペクトルのエネルギー密度を比較すると，周期1日以上の長周期の乱れのエネルギーは Stn. A が大きい．海洋における1日よりも長い周期の乱れは，著しく非定常的であると思われるが，この観測期間では，Stn. A, B の東西分速（U）にそれぞれ2.5日，3.8日の周期に著しいエネルギー密度のピークが認められる．このことは，湾口における海水の流動が3～4日の時間スケールで変化していることを示唆する．

湾内における物質の分散に最も大きく作用する恒流について，第七管区海上保安本部の資料に湾口部 Stn. A, B の15日の平均流を加えて図5に示した．湾内では平均的には1～2 ㎝/sec の流速で反時計まわりの環流が形成され，外洋水は湾口南寄りに流入し，内湾水は湾口北寄りに流出していることが推定される．湾内の恒流は図に示されているように流線をたどると，環流が形成されているが，その流速は湾口で約3～4 ㎝/sec，湾奥では1～2 ㎝/sec と小さい．したがって，このような湾内の環流は，風によって，大きく変化するものと推定される．

3. 湾内の定地水温の観測による水温変動特性について

1） 平均的な水温の季節変化

阿川，掛渕，小田，久津の4地点で原則として1日に1回午前10時に観測された1973年4月から1976年12月までの表面水温データを用い，平均的な水温年変化，数日程度の変動について解析した．日々の水温を5日ごとに区切り，その平均値，標準偏差（σ）を計算した．また，現場で測定された水温が統計的見地からみて正常なものであるか，異常なものであるかを判断するため，判断基準を気象庁の海水温季節予報の基準と同じ階級区分とした．その中で平年なみというのは平均値 $\pm 0.6\sigma$ で，これは母分布が正規分布をするときの総度数の45.2%がこの範囲に含まれることを意味する．図9に各地点での5日ごとの平均値と$\pm 0.6\sigma$とを示した．標準偏差の比較的大きい月は7月と9月である．前者は梅雨，後者は台風による天候の不安定

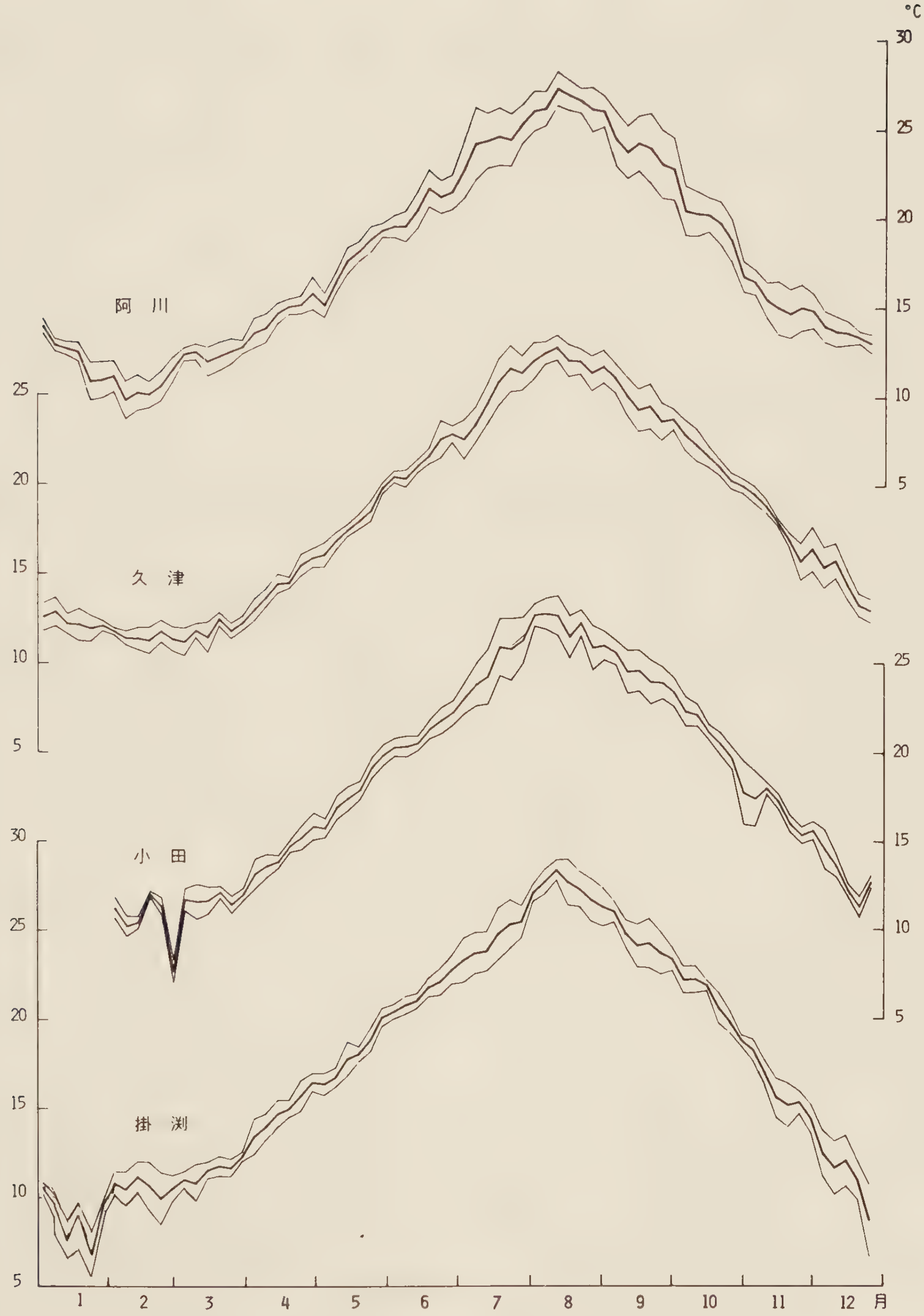


図 9. 油谷湾4地点における5日平均水温($\overline{T}$)および$\overline{T}\pm0.6\sigma$

表1．水温の調和定数

位置	A_0 (°C)	A_1 (°C)	α_1 (°)	A_2 (°C)	α_2 (°)	A_2/A_1 (%)	D ** (°)
阿川	17.6	7.2	218	1.0	82	14	−3
小田	18.0	7.8	223	0.8	107	10	−11
久津	18.4	7.6	228	0.5	103	7	−4
掛渕	17.5	8.7	219	1.0	151	11	−37
浜田	18.4	7.4	226	0.5	96	7	−2
厳原	19.1	5.9	238	0.8	102	14	7
34°N 130°E *	19.8	6.1	221	0.9	49	15	16
33°N 128°E *	21.1	5.8	219	0.9	49	16	14

* M. KOIZUMI[8] より転載

** $D=\alpha_1-\left(\frac{\alpha_2}{2}+180°\right)$ 季節変動曲線の対称性を表わす位相差

によるものと推定される．次に水温の季節変化の特性を調和解析によって検討した．水温をθで表わし，フーリェ展開して次式で表すことができる．

$$\theta=A_0+A_1\cos(t-\alpha_1)+A_2\cos(2t-\alpha_2)+\cdots \quad (1)$$

ここで，t は時間で，0°〜360° の値をとる．計算方法としては図9の平均値の曲線を平滑化し，1月1日を起源として，15°に相当する月日の水温値24個を得て，調和解析し，調和定数を決定し，表1に示した．

平均水温（A_0）では久津，小田は18℃を超えているが阿川，掛渕のそれは約17.5℃と低い．これは阿川，掛渕はいずれも河口域であるため，河川水の影響を受けているものと思われる．

年周期成分の振幅（A_1）では，湾奥部掛渕の値が8.7℃で最も大きく，湾口部へ進むにしたがって小さくなり，阿川の値は7.2℃となっている．

半年周期成分の振幅（A_2）についてみると，阿川，掛渕は約1℃で他の2点より大きく，ここでも河川水の影響が現れている．水温の季節変動特性は，表1に示す A_0，A_1，α_1，A_2，α_2，D でほぼ表現できる．これによると油谷湾の最低水温は2月上旬，最高水温は8月中旬に現れる．ただし，掛渕の D の値は−37°となり，最低水温は1月下旬，最高水温は8月下旬となって他の地点の水温季節変化といくらか違ったパターンを示している．

比較のために，対馬暖流域の水温の調和定数を表1に併記しているが，この湾内4点の水温変動特性では，日本海沿岸，浜田の水温変動と久津のそれとは，ほとんど同じである．油谷湾の水温変動は，基本的にはほぼ外洋的な性質をもっており，掛渕，阿川の水温には，河川水の影響が相重していることが認められる．

2） 水温の短期変動について

前節で述べたように，油谷湾の水温変動特性は外洋的な性質をもっており，また外洋水は主として湾口南側から流入することが判明した．そこで，日々の水温の欠測が比較的少ない阿川の水温データから，水温の短期変動を調べた．平均的な水温の季節変化は，年周期，半年周期成分で表わすことができるので，前節で述べた調和定数を用いて毎日の水温 θ_t を次式で表わした．

$$\theta_t=A_0+A_1\cos(0.9863\cdot t-\alpha_1)+A_2\cos(1.9726\cdot t-\alpha_2) \quad (2)$$

ここで t は時間で，1月1日を起源として1日単位で表わす．

式(2)で求めた水温を平均的な水温とみなして，日々の水温値から θ_t を引き，水温偏差を求めた．したがってこの水温偏差は，年周期，半年周期成分は除去されたことになる．しかし，水温の季節変化には非周期的な変動要因が多く，ここで求めた水温偏差は，平均的水温値からの偏差値の他に誤差量も含む．したがって，この誤差量を少なくすることと，季節的な水温の変動機構の相違を考慮して，スペクトル計算の期間を2ケ月にとった．ここでは数日程度の変動を求めようとしているため，分解能が最も良いとされている最大エントロピー法（MEM）[9] によってスペクトル解析を行い，その結果を図10に示した．

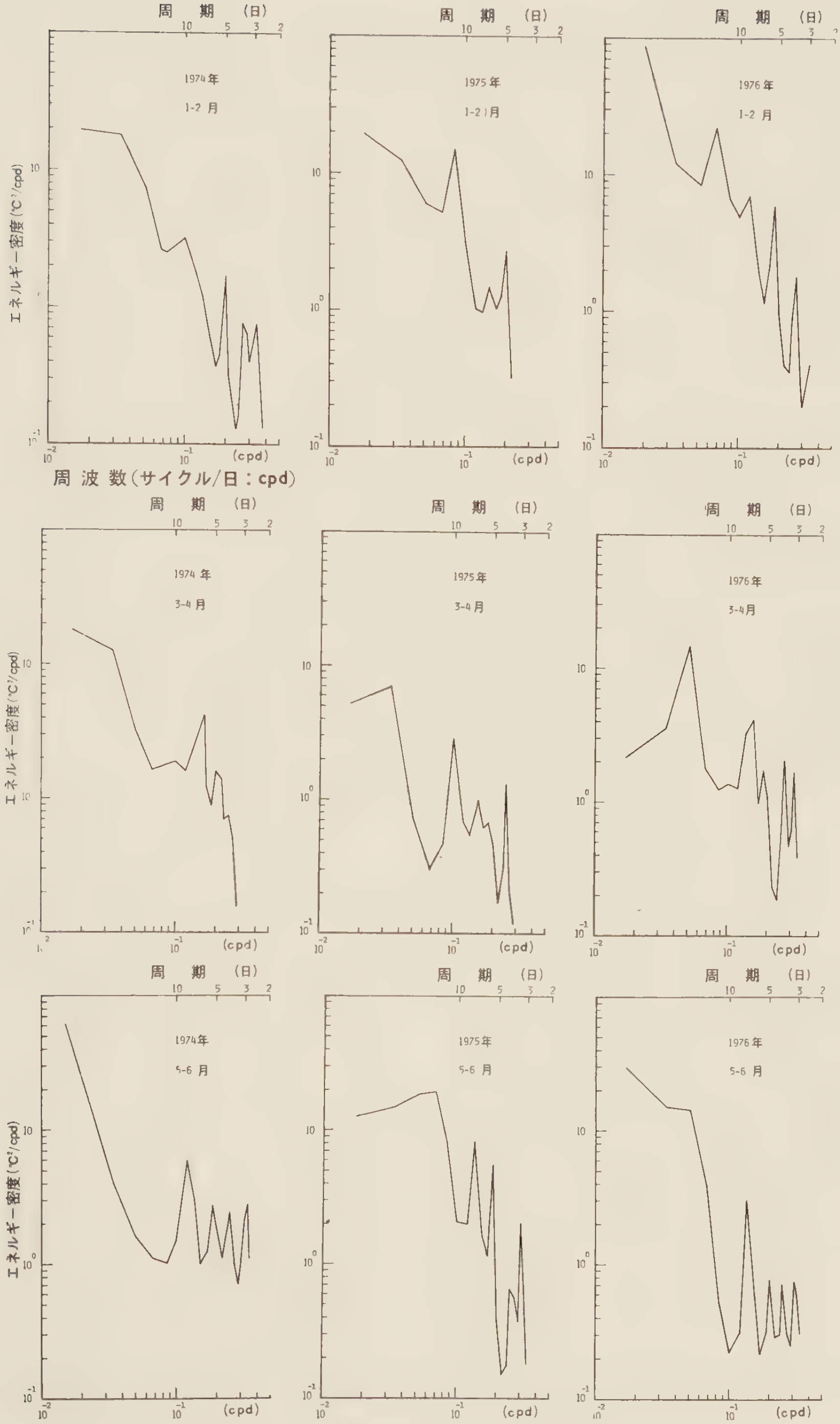


図 10. 阿川の水温偏差のスペクトル（1974〜1976）

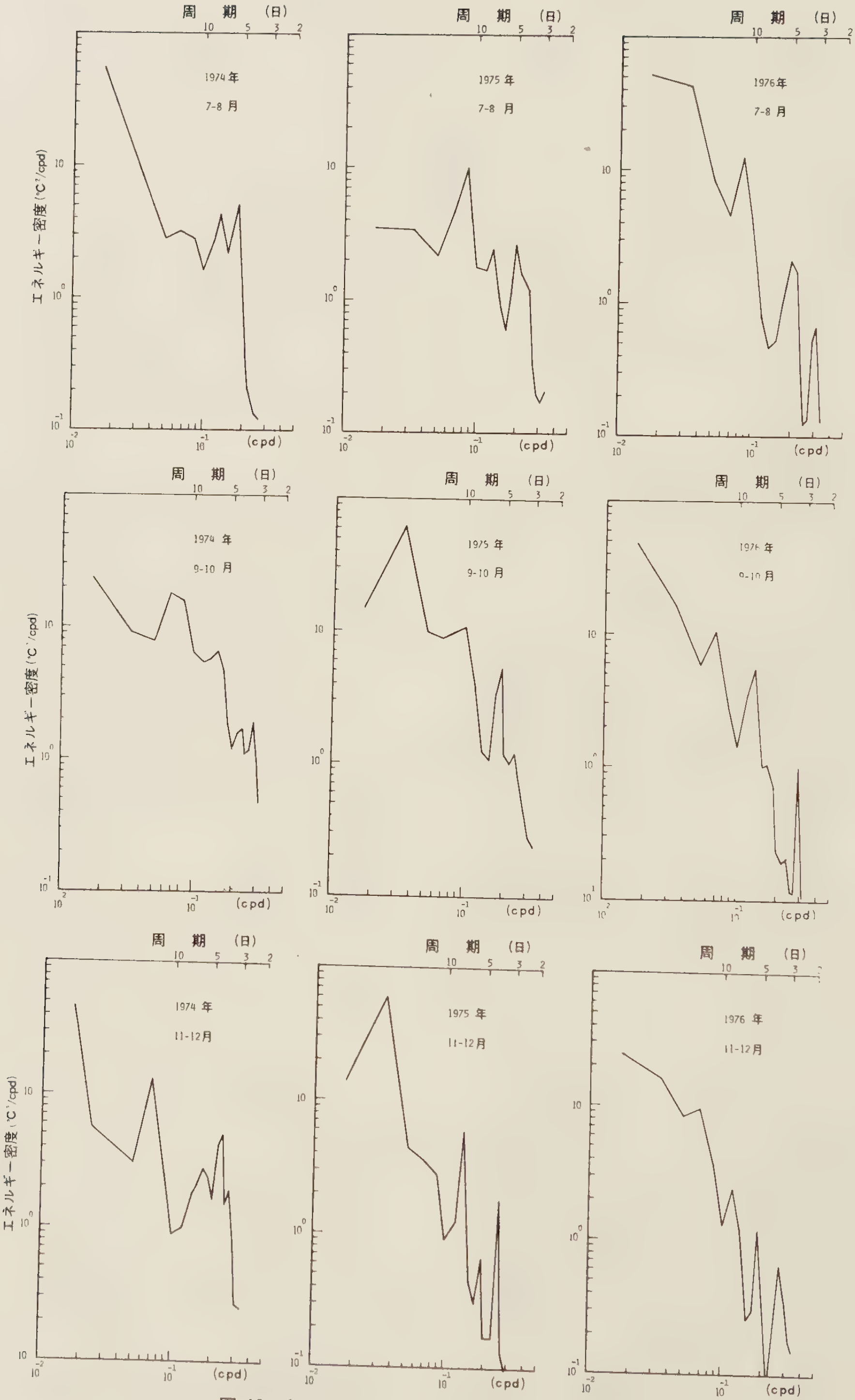

周 期 (日)
1974年 7-8月
1975年 7-8月
1976年 7-8月
1974年 9-10月
1975年 9-10月
1976年 9-10月
1974年 11-12月
1975年 11-12月
1976年 11-12月
エネルギー密度 (°C²/cpd)
(cpd)

図 10. （つづき）

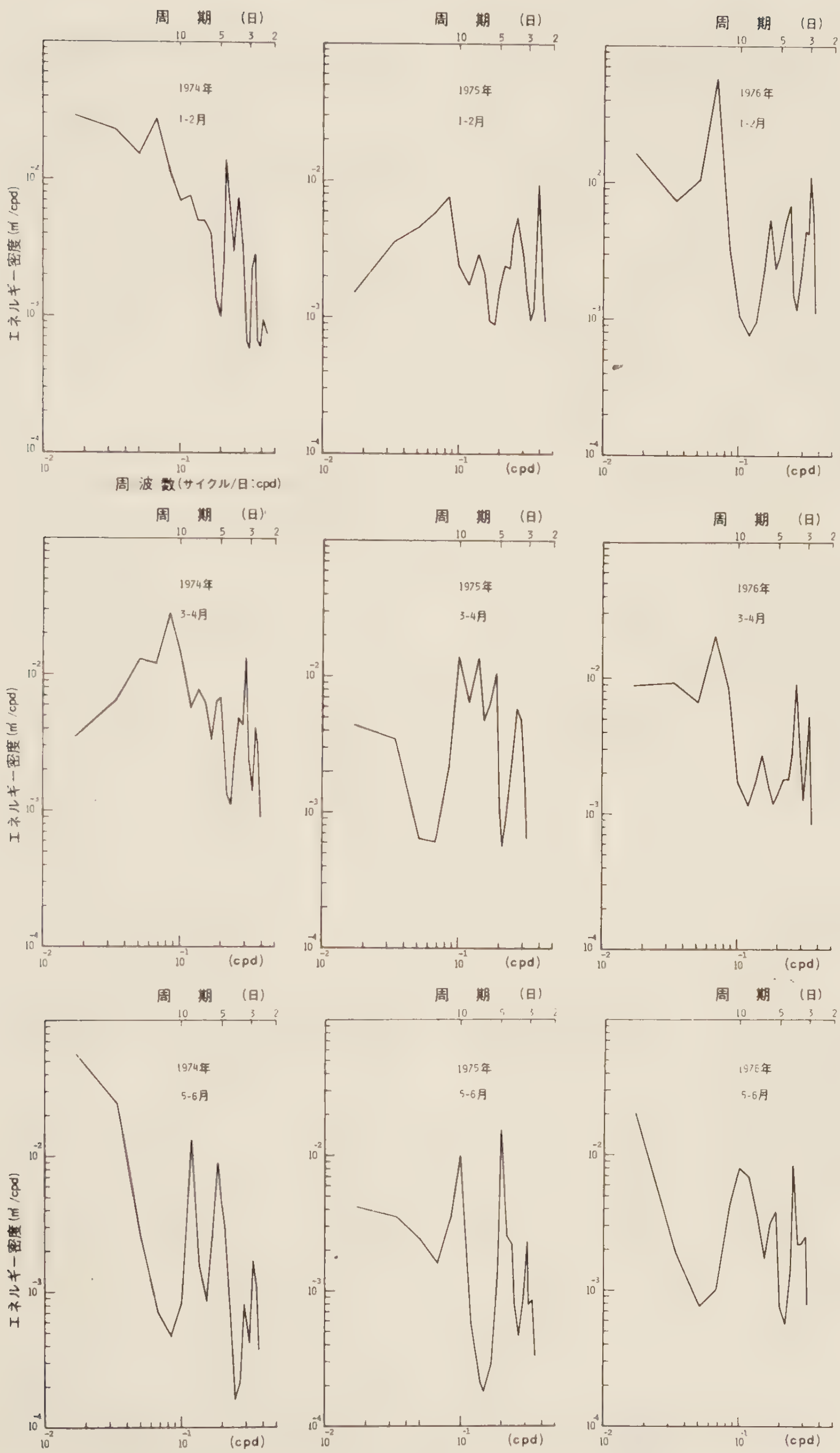


図 11． 萩・厳原の潮位差のスペクトル（1974〜1976）

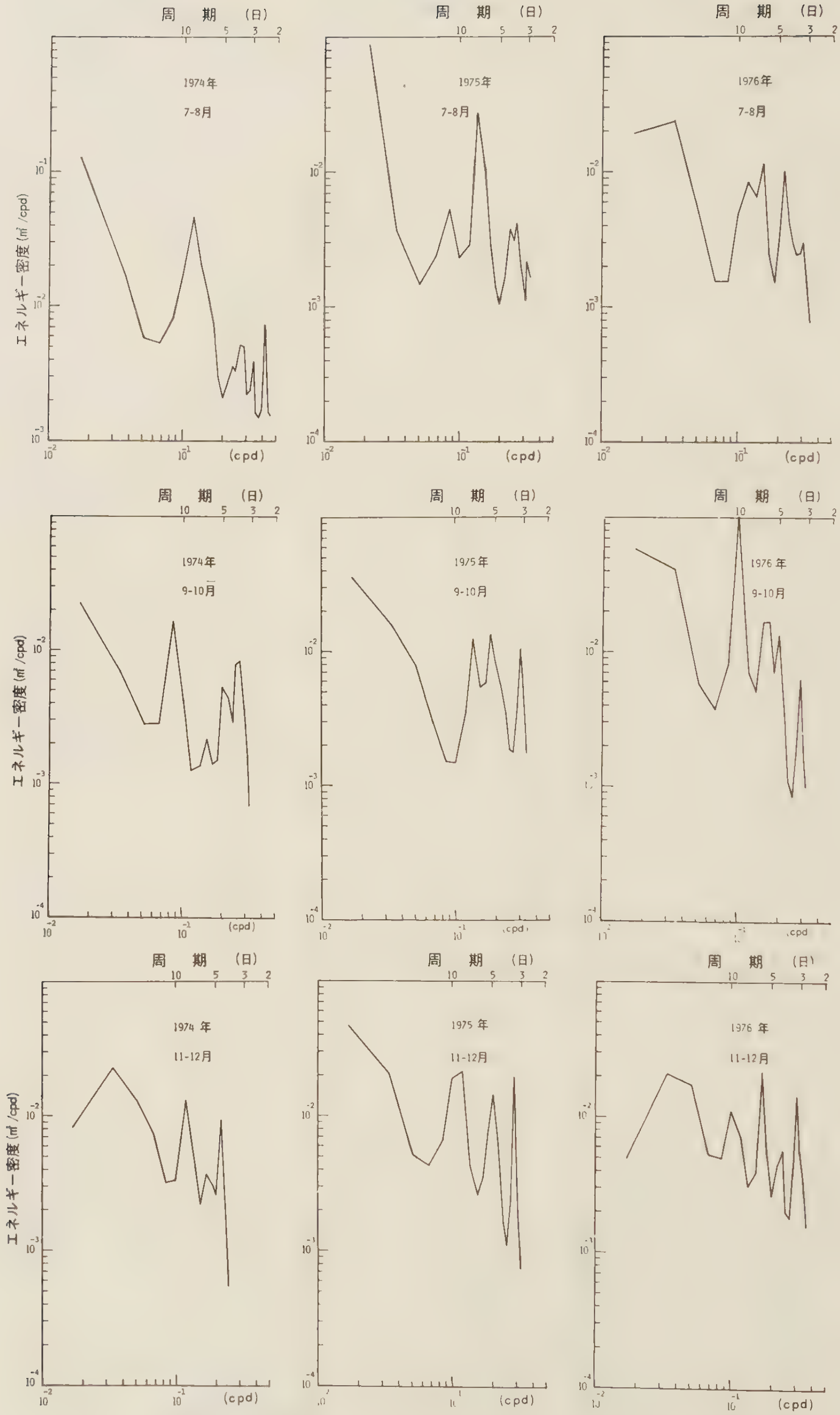

周 期 (日)
1974年
7-8月
1975年
7-8月
1976年
7-8月
1974年
9-10月
1975年
9-10月
1976 年
9-10月
1974 年
11-12月
1975 年
11-12月
1976 年
11-12月
エネルギー密度 (㎡/cpd)
(cpd)

図 11. (つづき)

これらの図から，季節的に共通のスペクトルエネルギーのパターンは認められない．周期を3～5日，6～10日，11日以上の3期間に区分すると，3～5日の周期でエネルギー密度のピークが年によらず全季節にわたって認められる．6～10日の周期は水温の昇温期にあたる3～8月，下降期にあたる9～1月に区分して比較すると，昇温期にやや多くエネルギーのピークが現れる．11日以上の周期は逆に下降期にやや多く現れるが，それによって季節的特徴を示すほど明瞭な差はない．これらの図から，水温の変動は非定常的であり，3～5日の時間スケールの変動をしているものと解釈される．

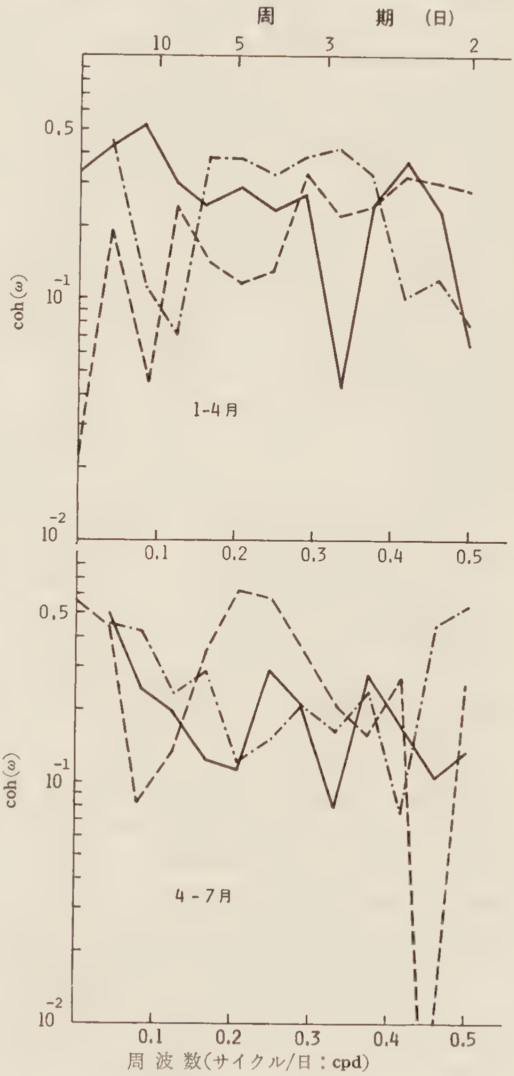
日々の表面水温の変動は海面における熱収支が大部分を支配しているが，その他に海流による熱の移流効果もある．ここでは対馬暖流による熱の移流効果との関連を調べることにする．そのためには対馬暖流の消長を知る必要があるが，測流データはないので，萩・厳原の潮位差によって間接的に対馬暖流の変動を調べることにした．既往の資料[14]で，東水道における東北流の流速と厳原・博多の潮位差とは相関が高いことが報告されている．このことから，今ここで求めた萩・厳原の潮位差は対馬暖流のバロトロピックフローの消長を示す指標と考えてよい．この潮位差がどのような変動をしているかを知るために，萩の日平均潮位から厳原の日平均潮位を差し引いた潮位差を求め，2ケ月ごとに区切って前述の水温偏差と同様なスペクトル計算を行い，その結果を図11に示した．

これらの図によれば，水温偏差のスペクトルと同じようにエネルギー密度のピークは年，季節によらず3～5日の周期に認められる．次に6～10日の周期をみると対馬暖流の勢力が強くなる5月から8月までの2期間は，各年ともエネルギー密度のピークが認められる．その他の期間では，エネルギー密度のピークは年，期間によってランダムに認められる．また，11日以上の周期では年，期間によってランダムにエネルギー密度のピークが認められる．このことから萩・厳原の潮位差は15日以内の周期をもつ変動をしているが，その変動は年，季節によってランダムである．ここでは3～5日の周期に，年，期間によらずエネルギー密度のピークが認められ，上述阿川の水温偏差の変動と同じ時間スケールの変動をもつことは注目に値する．水温の変化の中に熱の移流項が含まれるとすれば，潮位差と水温偏差とは相関があると思われる．

このような不規則の変動をしている二つの変動量の間の統計的性質を表わすのに，相互相関関数 $C_{xy}(\tau)$ とクロススペクトル $S_{xy}(\omega)$ の定義を導入し，さらに，現象の把握・記述に便利なコヒーレンス（coherence）とフェイズ（phase）を用いた．ここで用いたコヒーレンス，フェイズは次のように定義する[9]．

$$\mathrm{coh}^2(\omega)=\frac{|S_{xy}(\omega)|^2}{S_{xx}(\omega)\cdot S_{yy}(\omega)}=\frac{K_{xy}^2(\omega)+Q_{xy}^2(\omega)}{S_{xx}(\omega)\cdot S_{yy}(\omega)}$$

フェイズ $\theta_{xy}(\omega)=\tan^{-1}\left(\frac{Q_{xy}(\omega)}{K_{xy}(\omega)}\right)$，フェイズラグ $\tau_\omega=\frac{\theta_{xy}(\omega)}{\omega}$ で，$S_{xx}(\omega)$，$S_{yy}(\omega)$ はそれぞれ，$x(t)$，



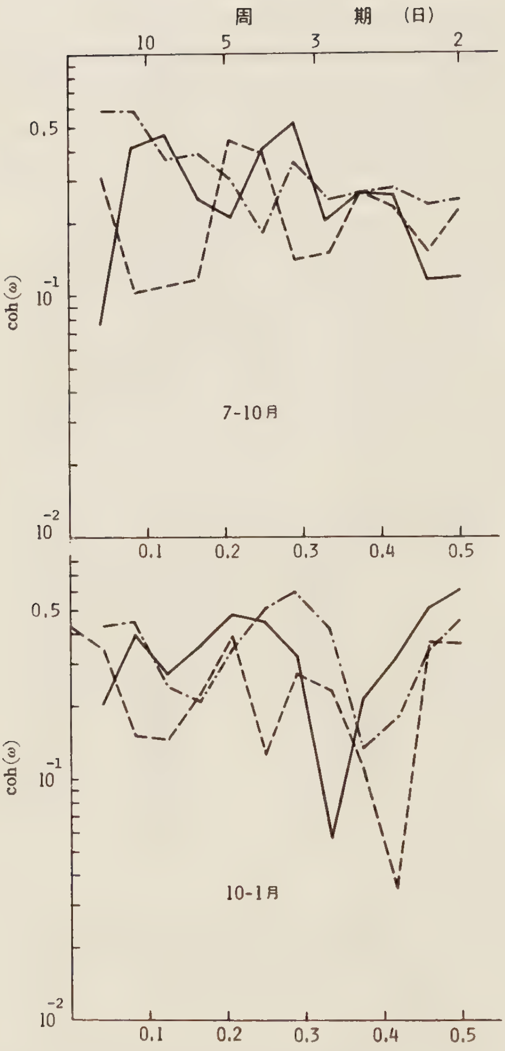


図 12. 萩・厳原の潮位差と河川の水温偏差とのコヒーレンス
実線：1974，点線：1975，鎖線：1976

$y(t)$ のスペクトルを表わし，$K_{xy}(\omega)$ および $Q_{xy}(\omega)$ はコスペクトルとクオドスペクトルである。ここで定義したコヒーレンスの平方根 coh (ω) は両者の周波数成分の相互相関係数である．コヒーレンス，フェーズの計算には赤池・中川[10] のプログラムを利用した．この計算では1974〜1976年の資料で，期間を４ケ月にとり，１ケ月は次の期間にオーバラップさせて行った．その結果を図12に示した．図の縦軸にはコヒーレンスの平方根（coh (ω)）をとり，同じ区間ごとにまとめて示した．各年，各期間ごとにみてみると３〜５日の周期成分でコヒーレンスが 0.3以上の値がみられる．それぞれの周期成分でフェーズラグはいずれも１日以内である．このことから，萩・厳原の潮位差の変動と阿川の水温変動とは３〜５日の周期成分で相関が高く，しかも潮位差の変動が１日以内で水温に影響していることを意味する．表面水温の変化は，海面における大気と海洋との熱収支によるものが大部分を支配するが，この他に対馬暖流によって運ばれる移流項としての熱量も影響していることがうかがえる．

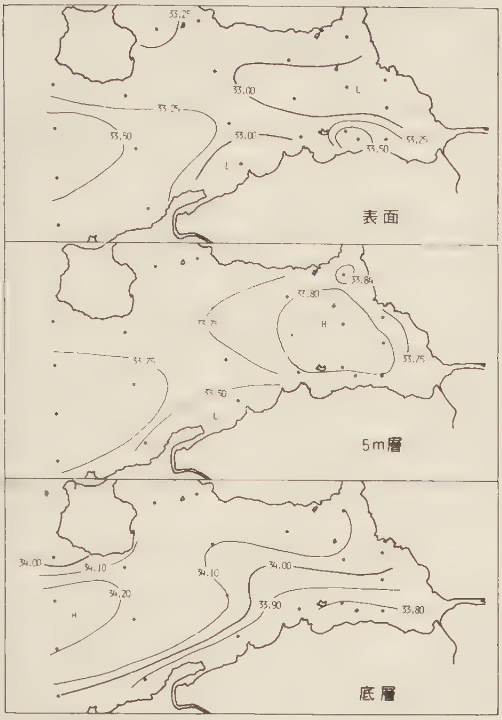
4. 水塊分布のパターン

湾内の水は，基本的には湾外から流入してくる外洋水によって占められ，水温・塩分の季節変化も外洋水の変動パターンとよく一致している．湾内にはいくつかの河川が開口しているがその中では，粟野川，隅田川が比較的大きい．しかしながら，それらの河川水の流量は少ないので，周年低塩水が顕著に認められるわけではない．山口県外海水産試験場は，２年間毎月観測した塩分水平分布から，低塩分の河川水の影響が認められる場合には，共通したパターンの分布を示すことを報告している．ここでは，1977年５月から９月の間，毎月２回行った水温・塩分の各層観測資料から，水塊分布を詳細に検討した結果，次のような三つの型に分類することができた．ただし，この類型は表面塩分の水平分布によった．

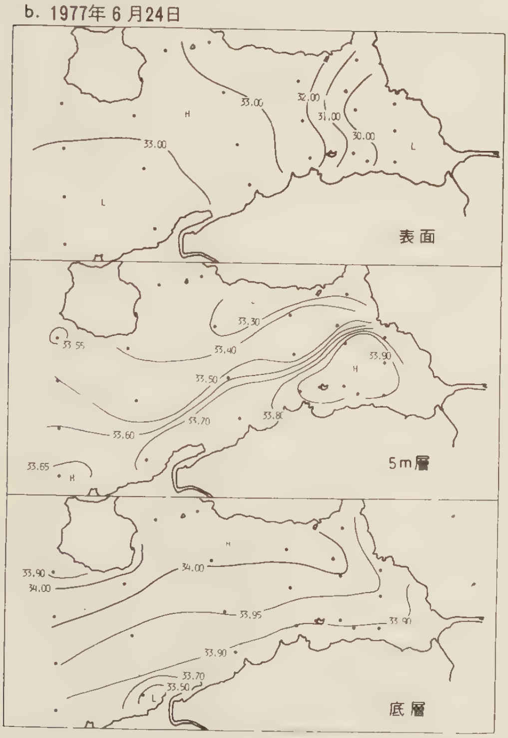
標準型：外洋水が湾口中央部の等深線の深みに沿って分布し，流況，各月の塩分分布から推定して，外洋水は湾口中央部から南部寄りに流入している．一方，粟野川系の河川水は河口から岸沿いに湾奥に向けて分布し，隅田川系の河川水は湾の北側沿いに分布し，湾口部北部より湾外へ流出する．このパターンを標準型とする．６月９日の塩分分布は，この型に近い（図13 a）．観測当日は東北東２〜３ m/sec の風であった．表面の塩分分布では，隅田川系の低塩分水は湾奥中央部に舌状に拡延している．外洋水は表面では湾口部やや南側よりに流入している．５ｍ層の塩分分布では，湾奥部に高塩分水が認められるが，これは，風によって河川水が湾口へ向けて輸送され，その補流として，底層水が上昇したものと思われる．

北低・南高塩分型：表面では，隅田川系水は湾奥北側から湾口北寄りに分布し，粟野川系水は，河口から

a. 1977年6月9日



b. 1977年6月24日



c. 1977年7月7日

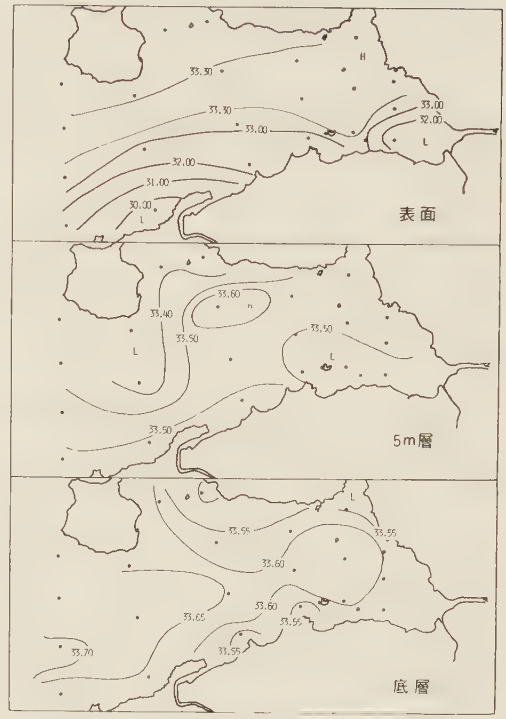


図 13. 表面・5m層・底層の塩分(‰)水平分布

湾口南側沿いに分布する．6月24日の塩分分布はこの型に近い（図13b）．当日は東南東3 m/sec の風であった．5m層の塩分分布では湾内北側に低塩分水，南側に高塩分水が分布している．この分布パターンの顕著な特徴として，湾奥部に高塩分水が分布していることである．これは風によって，表層の隅田川系水が北寄りに輸送され，底層の高塩分水が湧昇したものであろう．底層の塩分分布では，5m層とは逆に北高，南低塩分型になっている．

北高・南低塩分型：表面の塩分分布で，粟野川系水，隅田川系水が湾南岸沿いに分布し，外洋水が湾口中央部より湾奥北部へ向かって分布する型である．7月7日の塩分分布がこの型に近い（図13c）．当日は北東2～3 m/sec の風であった．5m層では南側に低塩分水が分布し，また湾口北側にも低塩分水が分布して，湾の中央部に高塩分水が分布している．底層の塩分分布では外洋水が湾口部から，湾奥部にかけて，ほぼ湾の中央部に分布している．

湾内の水塊分布は外洋水の流入勢力，河川水の流

量，当日の風速・風向と地形，潮時等によって大きく変化することがうかがえる．とくに南東よりの風が連吹すると，湾奥部では湧昇によって高塩分水が上昇し，5 m層では湾奥に高塩分水が認められる．また，表層水の流出パターンに対応して底層水の流入経路が異なっている．

以上，三つの型に分類して述べてきたが，更に詳細に検討すると，上述の諸要因によって複雑に変化する．参考のために附図で，5月から9月に観測された各断面の塩分分布を示した．これによって水塊分布の変化の多様性を知ることができよう．

5．漂流瓶および漂流ハガキによる対馬海峡東水道およびその隣接海域の流況調査

外洋で産卵されたマダイの卵稚仔が，油谷湾に補給される機構および油谷湾に補給されるマダイの主産卵場を推定するために漂流瓶および漂流ハガキによる調査を実施した．対馬海峡から油谷湾に至る海域の流況について既往の知見によれば[11~14]，対馬暖流は全般的には北東方へ流れ，対馬列島によって二分されて東西両水道に入る．西水道を流過する主流は，夏季 0.5〜1.5ノットで対馬列島沿いに北北東方へ向かい，日本海に流入する．一方，東水道を流過する分派は対馬・壱岐間から沖ノ島付近に向かって北東方へ流れている．対馬の北東海域と山口・福岡県に至る沿岸域では南西〜南東へ向かう流れが認められており，反流域や渦動域の存在が推定されている．一方，この海域のマダイの主産卵場は，壱岐から対馬列島に至る海域，沖ノ島周辺海域にあると推定されている[15]．このような知見にもとづき，漂流瓶・ハガキの投入地点を東水

表 2． 漂流瓶および漂流ハガキの投入・拾得結果　（ ）内の数字は全拾得数に対する百分率

東　水　道

投入場所	投入月	投入数	北九州市〜呼子	呼子以西	山口県	島根県以北	計
平曽根	3月	240	72(91.0)%	7(9.0)%	%	%	79
	4月	240	17(85.0)			3(15.0)	20
	5月	239	16(69.6)	6(26.1)		1(4.3)	23
荒曽根	3月	240	39(100)				39
	4月	240	1(5.6)	2(11.1)		15(83.3)	18
	5月	240	6(27.3)	1(4.5)	6(27.3)	9(40.9)	22
七里ガ瀬	3月	240	19(59.4)		8(25.0)	5(15.6)	32
	4月	240				14(100)	14
	5月	240	9(31.0)	8(27.6)	3(10.4)	9(31.0)	29
対馬 E	5月	80		3(50.0)	1(16.7)	2(33.3)	6
勝本 N	5月	80				5(100)	5

見　島　海　域

投入場所	投入月	投入数	北九州市〜呼子	呼子以西	山口県	島根県以北	計
八里ガ瀬	3月	240				22(100)	22
	4月	239		1(4.5)	15(68.2)	6(27.3)	22
	5月	240				15(100)	15
カキノセ	3月	240				30(100)	30
	4月	240		2(12.5)		14(87.5)	16
	5月	240				14(100)	14
仙崎ヨコグリ	2月	240				18(100)	18
	4月	239	1(14.3)	1(14.3)		5(71.4)	7
千里ガ瀬	5月	240			1(5.9)	16(94.1)	17
汐巻	5月	180			2(10.5)	17(89.5)	19

川尻一角島海域

表 2. （つづき）

投入場所	投入月	投入数	北九州市〜呼子	呼子以西	山口県	島根県以北	計
Stn. 1	4月	80			1(16.7)	5(83.3)	6
	5月	80			2(50.0)	2(50.0)	4
Stn. 2	4月	80				1(100)	1
	5月	80			4(100)		4
Stn. 3	4月	80				1(100)	1
	5月	80			9(100)		9
Stn. 4	4月	80				5(100)	5
	5月	80				1(100)	1
Stn. 5	4月	80				3(100)	3
	5月	80			19(100)		19

道，見島海域，川尻・角島海域に設定し，1975年3，4，5月の各月に投入した．その拾得状況は約1年を経た1976年6月30日までの期間で集計し表2に示す．表2は全拾得数を示し，拾得率は瓶が13.7%，ハガキが 5.9%であった．しかし，瓶・ハガキの漂流パターンは区別できないので，ここでは瓶・ハガキを同一に扱い，その拾得状況より流況を論述する．月ごとの投入海域別の漂着状況を図14〜17に，福岡・厳原における風の進行ベクトルを図15 a，b に示した．

1） 東水道からの漂着状況

3月27日平曽根，荒曽根から投入されたものは筑前海域沿岸にそれぞれ拾得数の91，100%漂着し，七里ガ瀬から投入されたものは同沿岸に59.4%，山口県沿岸に25%，島根県以北沿岸に15.6%漂着した．漂着地点はそれぞれの投入地点のほぼ東方にあたる山口県北浦沿岸から福岡県宗像沿岸に至る海岸に限られている．漂流期間は主として5〜10日で平均漂流速度は約8.3海里/日である．投入されてから約10日間の厳原，

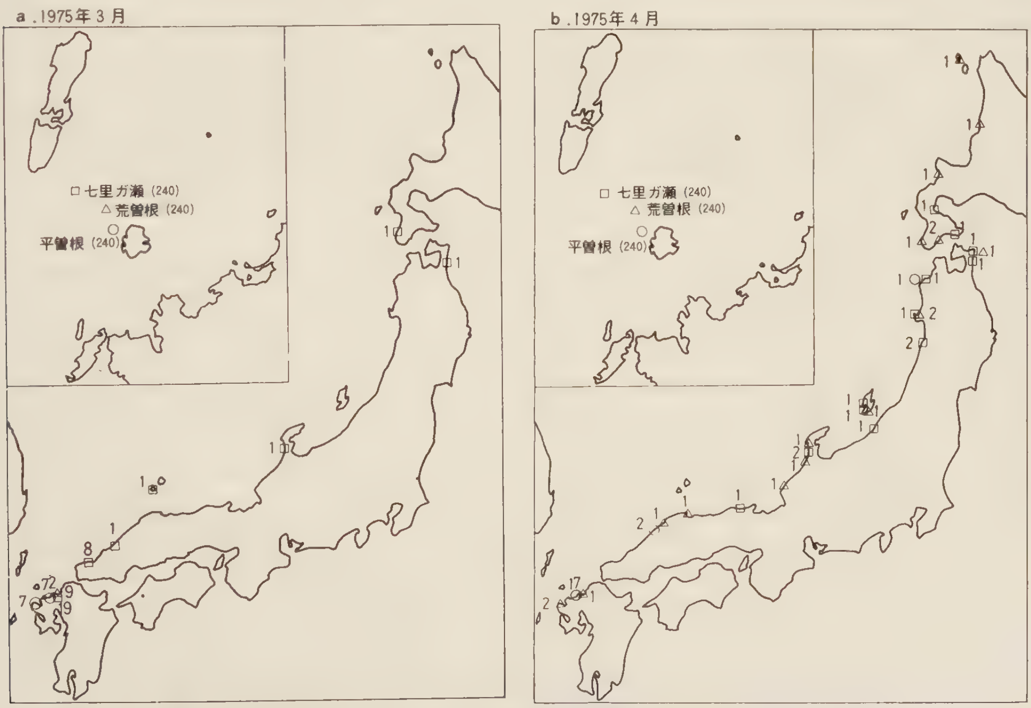


図 14. 東水道に投入された漂流瓶・漂流ハガキの漂着状況　（　)内の数字は投入数



図 14. （つづき）

福岡の風の進行ベクトル図をみると西〜北西の風が卓越しており，風のベクトルはほとんど東へ進行している．このことは，漂流瓶・漂流ハガキが風の影響を大きく受け，北東から北に延びる海岸線の地形条件も加わって，漂流瓶・漂流ハガキがこの沿岸域に集中的に漂着したものと思われる．

4月25日 3 地点から投入されたもののうち，平曽根からのものは筑前海域に85%，島根県以北に15%，荒曽根からのものは北九州以西に16.7%，島根県以北に83.3%，七里ガ瀬からのものは 100%島根県以北に漂着し，3月のパターンとは著しく相違している．拾得数は3月に比べて約半数となっている．漂着地点は北九州市から呼子に至る沿岸に散在している．漂流日数は32〜79日と3月に比べて延長している．この漂流期間における風のベクトル図をみると北よりの風が卓越しているが，厳原における6月の風は弱く風向も変化し，風の ベクトルは 小さいながらも 南方へ進んでいる．このことは，対馬暖流に乗って漂流していたものが，主流から 剝離され，北風の影響を 受けながら山口，福岡県沿岸の渦流域，反流域にとりこまれ，次第に南西方向に漂流したものと思われる．

5月13日 3 地点から投入されたもののうち，平曽根からの ものは 北九州市 〜 呼子間に69.6%呼子以西に26.1%で島根県以北は僅かに15%である．荒曽根からのものは山口県〜佐賀県に至る沿岸に59.1%，島根県以北に40.9%漂着している．七里ガ瀬からのものは山口県以西に69.0%，島根県以北に31%漂着している．5月の漂流パターンの特徴は山口県沿岸に漂着する比率が4月に比べて高くなるとともに，呼子以西への漂着率も高くなっている．対馬暖流は4月より5月と次第に勢力が強くなっていると思われるが，その反面沿岸の反流も強くなっていることが示唆される．

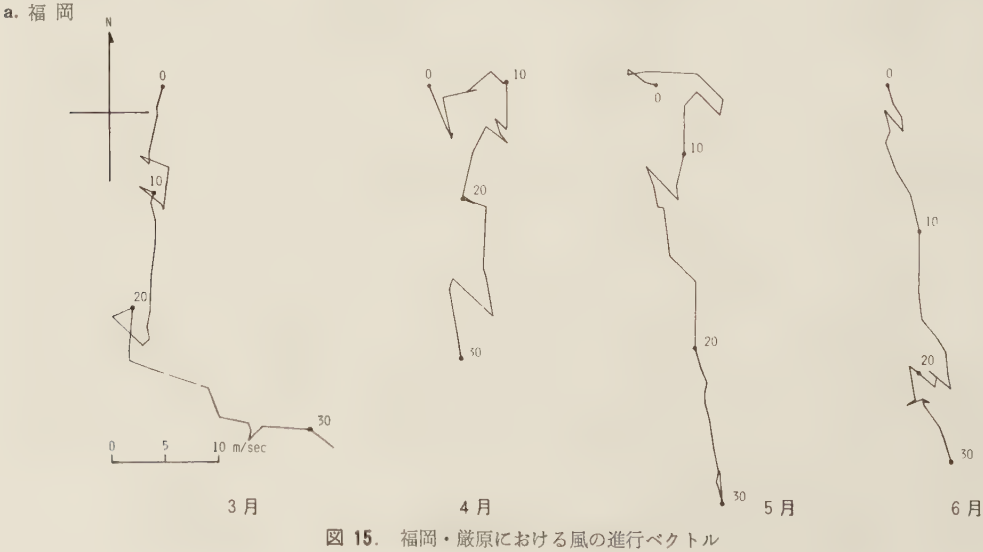


図 15. 福岡・厳原における風の進行ベクトル

b. 厳 原

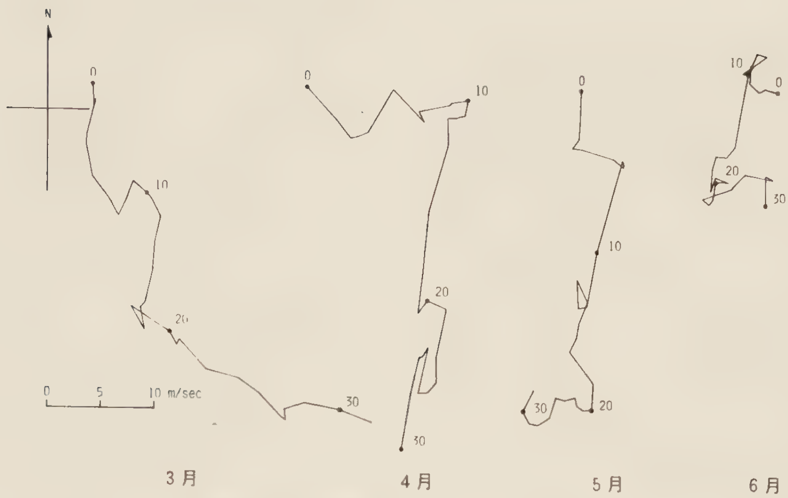


図 15.　（つづき）

2）　見島海域からの漂着状況

この海域では，八里ガ瀬，カキノセ，仙崎ヨコグリの3地点で漂流瓶・ハガキを投入した．3月投入した漂流瓶・ハガキは3地点とも 100％島根県以北に漂着している．4月八里ガ瀬から投入したもので68.2％にあたる15枚は投入地点から南方，西方の10〜12海里付近の海上で拾得されている．また 4.5％にあたる1枚は43日後対馬で拾得されている．カキノセ，仙崎ヨコグリで投入されたものは島根県以北にそれぞれ87.5％，71.4％漂着しているが，対馬に2枚，北九州市に

a .1975年3月　　b .1975年4月

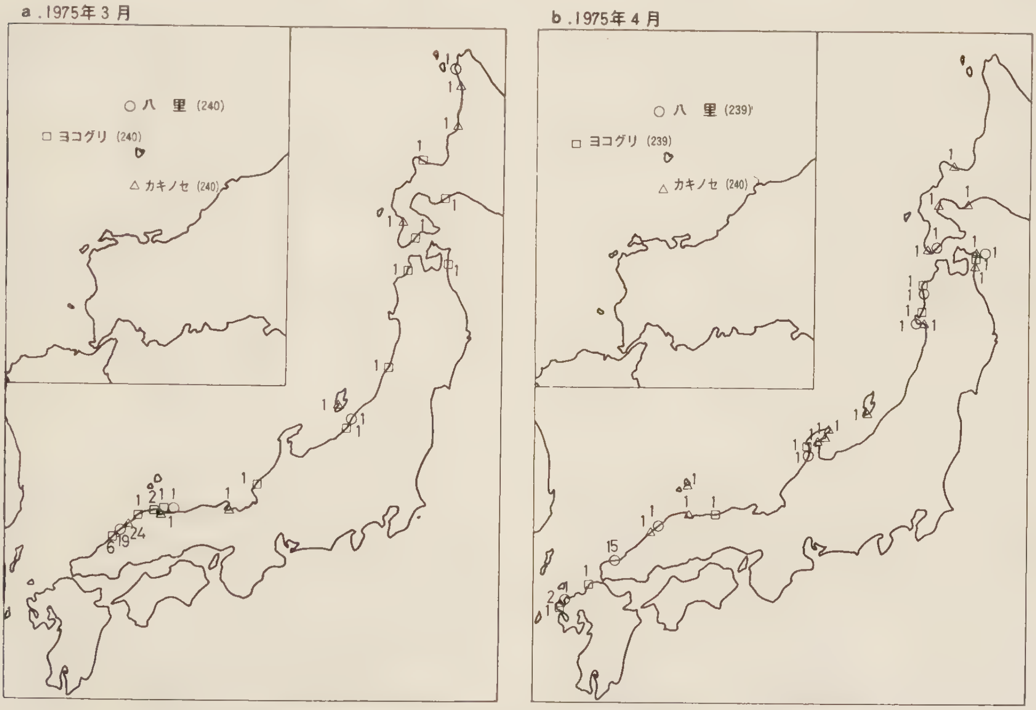


図 16.　見島海域に投入された漂流瓶・漂流ハガキの漂着状況　（　）内の数字は投入数

c .1975年5月

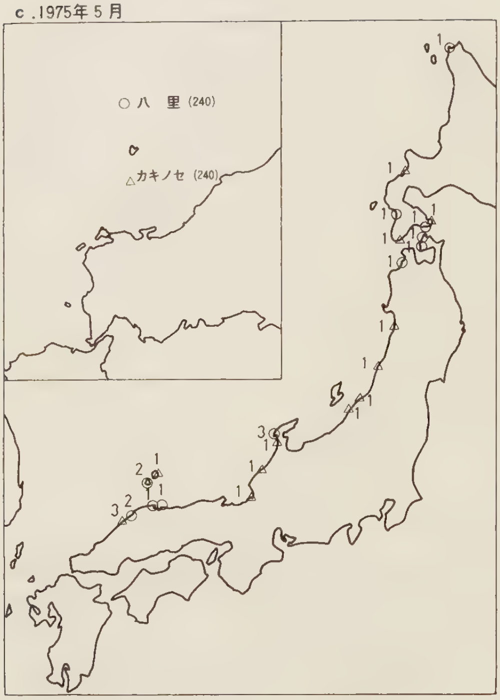


図 16.　（つづき）

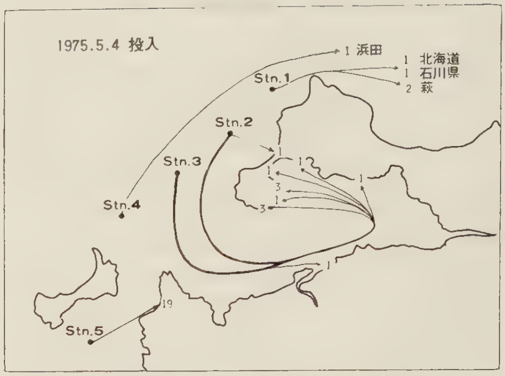


図 17.　川尻岬～角島海域に投入された漂流ハガキの漂流模式図

1枚漂着しているのは反流の存在を示唆するもので注目に値する．5月には八里ガ瀬，カキノ瀬の2地点から投入したが，両地点とも拾得数の 100%島根県以北に漂着しており，対馬暖流の勢力が増大していることがうかがわれる．

3)　川尻岬～角島海域からの漂着状況

油谷湾の西方海域に Stn. 1 から Stn. 5 までの投入地点を設定し，4月，5月に漂流ハガキを投入した．4月に投入したもので油谷湾に漂着するものは1枚もなく，100%島根県以北に漂着している．投入時の潮時は油谷湾の低潮30分前であり，下げ潮の末期で，潮流は油谷湾から沖へ向かって流れ，また投入地点付近では北東流と推定される．投入されたハガキは一旦この北東流によって沖へ流され，山口県沿岸の反流にも遭遇せずほとんどが対馬暖流に乗って漂流したものと思われる．

5月に投入したもののうち，Stn. 2，3からのものは油谷湾内に拾得数の 100%漂着している．Stn. 5で投入したものは3日後に僅か 1.8海里北東方の沿岸に漂着し，Stn. 1のものは山口県萩に2枚，北海道，石川県にそれぞれ1枚ずつ漂着している（図17）．投入時の潮時は油谷湾の低潮後2時間であり，上げ潮の初期で，潮流は油谷湾へ向かい，また投入地点付近は南西流と推定される．Stn. 2，3から投入された漂流ハガキは潮流によって南下し，油谷湾の南岸に沿って湾内へ流され，湾内の弱い反時計まわりの環流に乗り，湾口北部の沿岸に漂着したものと思われる．

考　　察

油谷湾の水は，基本的には，湾外から流入してくる外洋水によって占められている．水温の季節変化は，調和定数を比較して，ほぼ外洋的な変化をし，日本海沿岸の浜田の定地水温の季節変化とほとんど同じパターンを示している．湾口南部に位置する阿川における表面水温のスペクトル解析で，3～5日の時間スケールで変動していることが認められた．一方，対馬暖流のバロトロピックフローの消長を示す指標として，萩・厳原間の潮位差を求め，その潮位差の短期変動を解析した．その結果，水温の変動と同じ3～5日の時間スケールで変動していることが認められた．この水温変動と潮位差の変動との各周波数における相関は，3～5日の周期成分における相関が高いことが判明した．Ogawa[6] は1963年から1972年までのフェリーボートによる定地点における水温連続記録にもとづき，水温の前日差の絶対値が 0.5℃以上を示す急激な上昇も

しくは下降は，海水の水平移流にともなう水温の変化であると仮定して，そうした変化はモードで3日，平均で約5日の時間間隔で生起していることを報告している．これらの事実を総合すると，対馬暖流の流動，水塊の交替が3～5日の時間スケールで変動していることが考えられる．油谷湾内における物理環境においても，湾口の流動，水温の変動パターンが外洋と同じ時間スケールで変動していることが明らかとなった．湾内には，このような基本的な変動の他に，隅田川，粟野川の河川水の流出によって，水温・塩分の水平分布が大きく変化している．一般には河川流量が少ないので，河川水は湾内の沿岸に狭い帯状で分布しているが，河川流量が多い日には，その時の風によって，河川水の流出パターンが大きく変化する．この流出パターンに対応して，その下層での外洋水の流入パターンが変化し，特に東～東南東の風が強い時には，湾奥で底層水が湧昇している現象が認められた．このことは，湾奥部における物理的環境が著しく急激に変化していることを意味し，そこに生息する生物は，とくに広温，広塩性を要求される．油谷湾では，海況が風によって大きく変化することが判明したが，今後は連続観測によって，風による海況変動を把握する必要があろう．

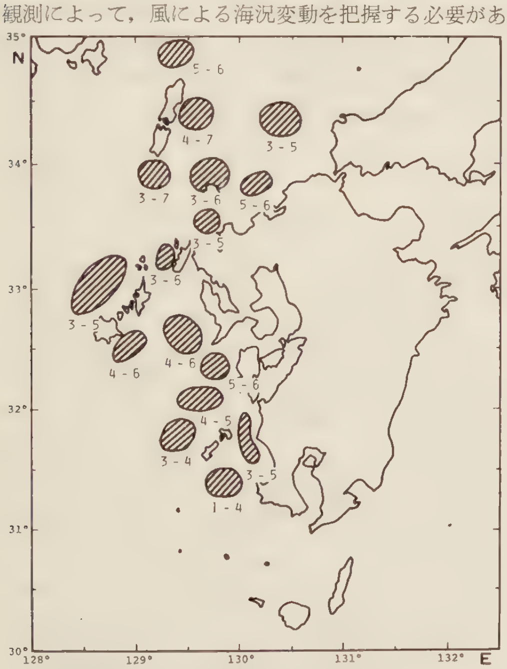


図 18．マダイの産卵場および産卵期
（三栖[17] 図2-7-8）斜線下の数字は
産卵月を示す．

次に油谷湾に補給されるマダイの産卵場を漂流瓶および漂流ハガキによる流況調査から考察してみよう．

対馬海峡から福岡・山口県沿岸におけるマダイの主産卵場はこれまでの調査結果[15,17] 図18に示される海域であると推定されている．産卵期は福岡県沖ノ島付近で3月下旬～5月，佐賀県唐津市沖合で4月中旬～6月上旬，長崎県壱岐で3～6月，対馬付近で3～6月，五島付近で2月下旬～5月といわれている．油谷湾の稚魚網による調査は毎年4月上旬から6月下旬にかけて実施された．マダイ稚魚は4月中旬に出現し始め，5月下旬をピークとして，6月上旬まで出現する．稚魚網で採集されるマダイ仔魚は全長約 3.0mmから 5.0mmである．また，船びき網による漁獲試験では，5月上旬から6月下旬にわたり，全長モード11.0mmの稚魚が漁獲された．ここでは稚魚網で採集された全長 3.0mmの仔魚，船びき網で漁獲された全長11.0mmの稚魚が，どの海域で産卵されたものか，漂流瓶・ハガキ調査結果から考察する．漂流瓶・ハガキの漂流と，卵稚仔魚の漂流とは，どのような関係にあるかについては，現在までのところ十分明らかではない．しかし，今後の調査研究のための問題提起の意味も含めて，ここでは漂流瓶・ハガキとマダイ卵稚仔の流動は相似的であるという仮定にもとづき，油谷湾に補給されるマダイの主産卵場を推定することにする．稚魚網で採集された全長 3.0mmの仔魚は5～6月頃の水温では産卵から孵化まで約2日，3.0mmの全長に成長するまで3日，すなわち産卵後5日間を経過している[18,19]．1975年，3月27日壱岐西方の平曽根，荒曽根から投入された漂流瓶・ハガキは投入地点のほぼ東方の沿岸に図14，表2に示されるように多数漂着した．それらの漂流日数から漂流速度を計算すると，平均8.3海里/日であった．この平均速度は，3月～6月における最も効率よく輸送されて漂着したときの速度と思われる．この速度で産卵場から油谷湾へ輸送されたものとすれば，全長 3.0mmの仔魚は油谷湾より約42海里の範囲内の，西から南へかけての海域で産卵されたものと推定される．船びき網で漁獲される全長11.5～12.0mmの稚仔魚は毎年4月中旬に出現し始め，加入の盛期は5月上旬から6月上旬までの間である．この期間には同じ全長モードをもつ稚仔魚が出現している．これは，産卵が継続的に行われ，産卵日からほぼ同じ日数を経過

した稚仔魚が，順次，加入していることになる．全長11.5〜12.0㎜は産卵から孵化までに2日，孵化後25日経過した稚仔魚と推定される[18,19]．1975年，4〜5月下旬投入された漂流瓶・ハガキで，油谷湾付近に漂着したものは漂流日数31〜40日で漂流速度は2.9〜2.0海里/日となり，かなり遅い速度である．これは，漂流瓶・ハガキが沿岸の渦流域，反流域にとりこまれ，かなりの迂余曲折の道程を経ていると考えられること，および漂着してから拾得されるまでの日数を含めて平均速度を求めたためである．しかし，このような漂流状況は，稚仔魚の漂流パターンを大局的には現しているとの仮定にもとづき，11.5〜12.0㎜の加入群の多くは油谷湾より78海里の範囲で囲まれた海域内で産卵されたものと推定される．勿論，この範囲外で産卵された稚仔魚が油谷湾へ補給されることもないわけではないが，この海域で産卵された稚仔魚は漂流瓶・ハガキの漂流と同じように大部分対馬暖流によって，島根以北へ輸送され，油谷湾へ補給される確率は低いと考えられる．見島海域で投入された漂流瓶・ハガキはほとんど島根県以北に漂着し，僅か2枚が対馬に，1枚が北九州市に漂着し，山口県沿岸に反流が存在することを示唆している．しかし，北九州市に漂着した1枚は漂流時間が，232日と長く，ここでの対象にはなり得ない．したがって油谷湾以北の海域で産卵された卵稚仔が油谷湾へ補給される確率は小さく，大部分は産卵

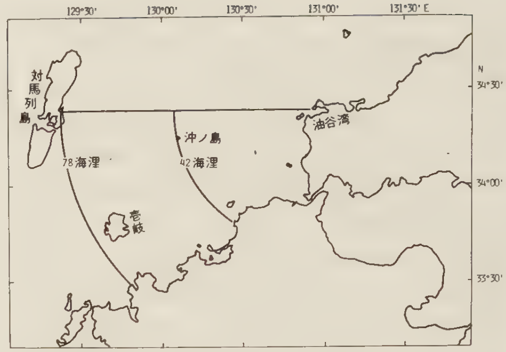


図 19．油谷湾に補給されるマダイの主産卵場の推定海域

場から北方へ輸送されていると推定される．以上のことから，油谷湾へ補給されるマダイで，全長 3.0㎜の仔魚は油谷湾から42海里，全長11.5〜12.0㎜の加入群の多くは78海里の範囲内の西から南へかけての海域で産卵され，輸送される確率が高い（図19）．

この考察で問題なのは継続的に産卵されている卵稚仔の輸送を，断片的に投入された漂流瓶・ハガキの漂着状況から推定していることである．また，海況が3〜5日のスケールで変動していることを考えれば，漂流ハガキは連続的に投入して，その漂着状況と気象要素，海況との関連を見出し，その上で産卵場から油谷湾に至る補給機構を解明すべきであろう．

要　約

油谷湾の海況特性について検討した結果，次のように要約することができた．

1. 湾内の水は基本的には湾外から流入してくる外洋水によって占められ，水温・塩分の季節変化も外洋の変動パターンとよく一致している．
2. 最低水温は2月上旬，最高水温は8月中旬に現われ，水温の平均的な季節変化はほぼ外洋的な変動特性を示す．
3. 冬季2，3月に湾口部に内湾水と外洋水とが接してフロントを形成しているのが認められた．このフロントは表面の密度極大帯とほぼ一致している．
4. 湾内における恒流は，平均的には反時計まわりの環流を形成している．しかし，湾口部でその流速は3〜4㎝/sec，湾内では1〜2㎝/sec で小さい．したがって，風によって湾内の流況，水塊分布は大きく変化する．
5. 海況の短期変動の解析結果，阿川の水温，萩と厳原の潮位差がそれぞれ3〜5日の時間スケールの変動をしていることが判明した．湾口における15日の連続測流で得られた Stn. A，B の東分速のスペクトル解析でも3〜4日の変動が認められ，湾内の海況が3〜5日の時間スケールで変動していることが示唆される．
6. 湾内にはいくつかの河川があるが，その中で粟野川，隅田川が比較的大きい．これらの川から流出する河川水と外洋水の分布を三つの型に分類することができた．これらの水塊配置には風の影響が大きく作用していることが判明した．

7．漂流瓶・ハガキの3，4，5月の投入とその拾得状況から，3月投入のものはほとんど投入地点の真東に位置する山口県北浦沿岸から福岡県宗像沿岸に漂着している．この時期は西，北西の季節風の影響も強く，一旦，沿岸域にとりこまれると他の遠方海域への漂流はほとんど認められないような収束作用の強い海況と推定される．4，5月になるにしたがって，島根県以北への漂着が多くなるとともに，佐賀県呼子以西への漂着も多くなる．これは対馬暖流の勢力が強くなるとともに山口県，福岡県沿岸の南西流としての反流も強くなっていることを示唆する．

8．漂流瓶・ハガキの調査から，油谷湾へ来遊するマダイで，全長 3.0㎜の仔魚は油谷湾から42海里，全長11.5〜12.0㎜の加入群の多くは78海里の範囲内の西から南へかけての海域で産卵され，輸送される確率が高い．

文　献

1）Y. Ogawa, T. Nakahara and R. Tanaka 1977 : Hydrographic Nature of Coastal Fishing Grounds in the Southwestern Japan Sea. *Bull. Seikai Regional Fish. Res. Lab.*, (50) 73-126.

2）水産庁　1975：特定地域（油谷湾）漁業振興および環境整備基本計画調査報告書，1-318.

3）西海区水産研究所下関支所　1976：油谷湾をモデル水域とした沿岸域における重要魚類の補給機構に関する調査資料．第1輯　環境および魚探反応による魚群の量と分布．1-250.

4）M. Endoh 1977: Formation of thermohaline front by cooling of the sea surface and inflow of the fresh water. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 33，6-15.

5）A. Harashima, Y. Oonishi and H. Kunishi 1978: On the formation of water masses and fronts caused by density-induced current system. *J. Oceonogr. Soc. Japan*, 33，165-167.

6）Y. Oonishi, A. Harashima and H. Kunishi 1978 : Characteristics of a front formed by cooling of the sea surface and inflow of the fresh water. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 34，17-23.

7）S. Tawara 1978: Transportation model of Japanese anchovy in Yuya Bay based on current pattern. *J. Shimonoseki Univ. Fish*, 27(1)，89-100.

8）M. Koizumi 1962: Seasonal variation of surface temperature of the East China Sea. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 20th Anniversary vol. 321-329.

9）日野幹雄　1978：スペクトル解析．300 pp，朝倉書店，東京.

10）赤池弘次・中川東一郎　1975：ダイナミックシステムの統計的解析と制御．189pp，サイエンス社，東京.

11）三井田恒博　1973：過去の研究結果からみた対馬海峡における対馬暖流の流況と消長．第17回西海区水研ブロック漁海況予報会議におけるシンポジウム報告書，63-86，西海区水産研究所.

12）水産庁　1958：対馬暖流開発調査報告第1輯（漁況海況編），1-539.

13）辻田時美　1957：東支那海及び対馬海狭の漁業海洋学．1．漁場の水理構造とその生態学的特徴．西水研研報，(13)，1-47.

14）科学技術庁　1971：日本海に関する総合研究報告書　12-25.

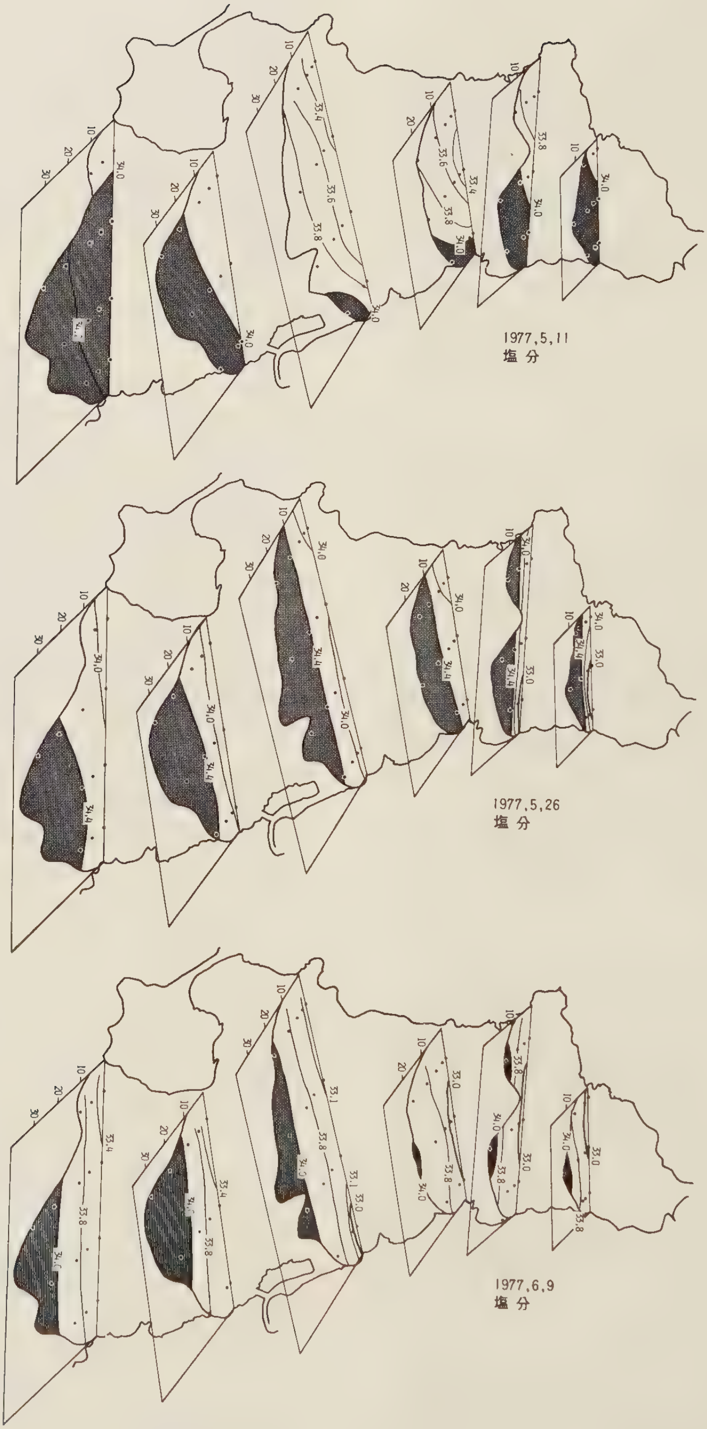
15）福岡・佐賀・長崎・熊本・鹿児島各県水産試験場　1972：九州北西海域におけるタイ類資源研究の概要とりまとめ（資料），1-7.

16）Y. Ogawa 1979 : Alternation of Water Masses on the Coastal Fishing Ground in the Southwestern Japan Sea. *Bull. Seikai Regional Fish. Res. Lab.*, (52)，79-89.

17）三栖　寛　1979：200カイリ時代の西日本水産業．西日本水産業とその資源．74-126，社団法人　九州・山口経済連合会.

18）北島　力　1978：マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究．長崎県水試論文集，(5)，1-92.

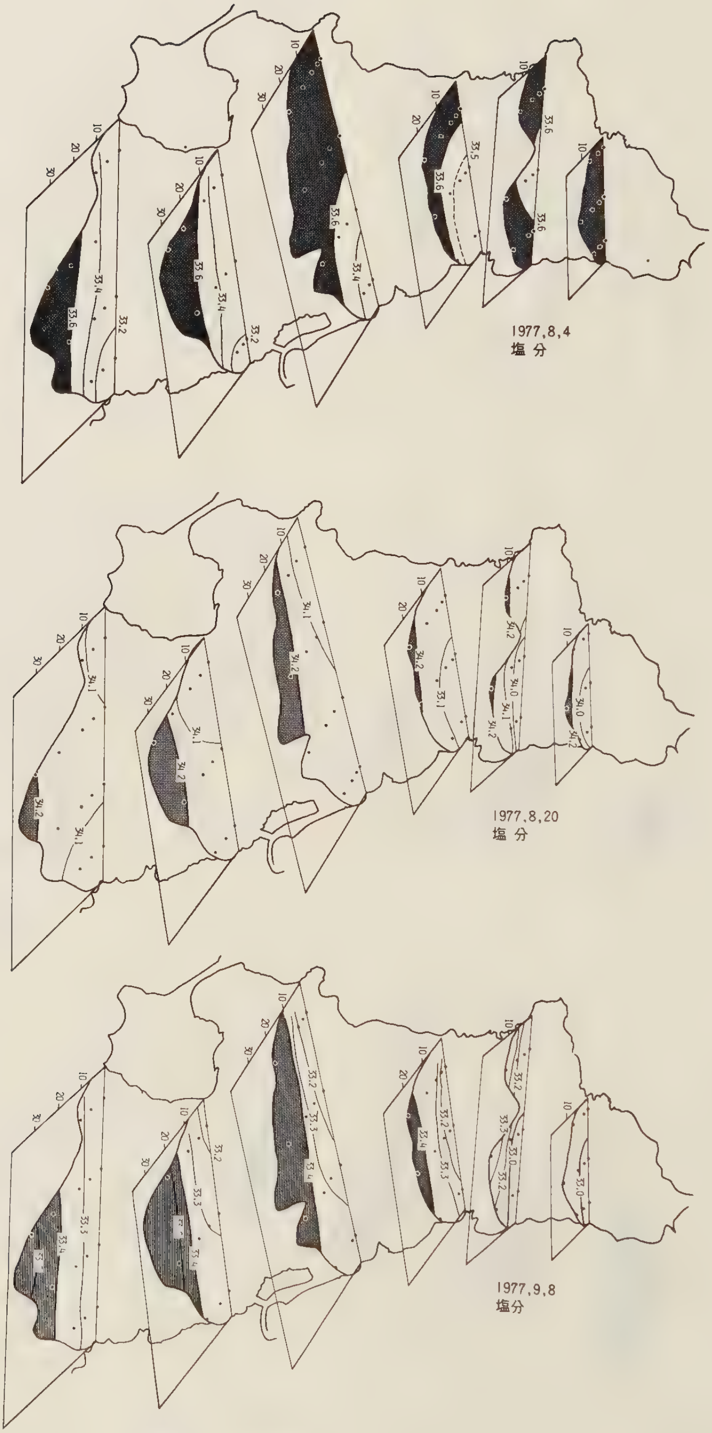
19）山口正男　1978：タイ養殖の基礎と実際．414pp，恒星社厚生閣，東京.



付図 1. 各断面における塩分(‰)鉛直分布



付図 1.　（つづき）



付図 1.　(つづき)

油谷湾における動物プランクトンの分布特性

濱崎 清一・大内 明*・鶴田 新生**

Distribution and Abundance of Zooplankton in Yuya Bay

Seiichi HAMASAKI, Akira ŌUCHI* and Arao TSURUTA**

In order to clarify the food condition of *Pagrus major* in their larval and juvenile stages, abundance and distribution of zooplankton were studied in Yuya Bay, Yamaguchi Prefecture. Surveys were carried from April to August in 1975 and 1976, and the results were summarized as follows.

1. A heavy annual fluctuation in the abundance of zooplankton was indicated from the difference in mean dry weight of it in these two years. In 1975, the value was 110.41 mg/m^3, while it was 37.05 mg/m^3 in 1976. In another word, the plankton biomass of the former year was three times as big as that of the latter year.

2. Mean density of zooplankton, all kinds combined, was 65.9 ind's/*l* in 1975, while it was 32.6 ind's/*l* in 1976.

3. The abundance of zooplankton in April through June was much different from that in July and August. In April through June, the abundance showed a heavy fluctuation, reflecting the alternation of dominant taxa.

4. A change of the most dominant taxon was observed in July. The primary dominant in April through June was tintinids, with copepods next to it, while copepods became the most dominant in June and August.

5. Next to copepods, these taxa were numerous such as appendicularians, larvae of gastropods and pelecypods, cirripedian larvae, cladoceras. Sagitta and polychaete larvae were very scarce.

6. Most of the zooplankton groups distributed densely in the innermost part of the bay and in the waters along the northern coast, while the densities of these were rather low in southern part of the bay.

7. Among various stages of copepods, the ratio of nauplius and copepodite stage larvae, especially of the former, was very high in April and May. The period coincided with the time of migration of *P. major* larvae to the bay and their settle-

昭和54年12月26日受理 (Received December 26, 1979)
西海区水産研究所業績 第363号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 363)
* 日本海区水産研究所 (Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory)
**水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries)

ment to demersal life.

8. The density of distribution of copepods in Yuya Bay was found to be twice as high as that in Shijiki Bay, one of the other nursary ground of *P. major*.

9. Horizontal distribution of zooplankton in the bay was in accordance with the flow pattern of the water and also with the distribution pattern of the bottom sediments. It implies that both zooplankton and the larvae of *P. major* were influenced by the flow of the water, and thus distributed in the same area. This may be one of the possible explanations of the chance of the meeting of these animals.

は じ め に

西海区水産研究所下関支所は，重要魚類の再生産機構解明を目的として，1972年7月から山口県外海水産試験場と共同で，山口県油谷湾をモデル海域とし調査・研究を推進した．この研究は，1975年から3ケ年計画で農林水産技術会議が実施した「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」に受け継がれた．

本研究は主としてマダイの初期生活期における生活の実態解明を目的として進められた各種生物調査，物理的環境調査による研究と並行して行われた動物プランクトンの調査・研究である．油谷湾におけるプランクトン調査はこれまでに山口県外海水産試験場による極く概括的な報告（水産庁）[1] がされているに過ぎない．著者らは油谷湾におけるマダイ稚仔魚の生育期における初期餌料生物として有効とされる動物プランクトンの定性・定量調査を実施し，主として動物群別にみた季節的消長や分布特性などについて取りまとめた．

本文に先立ち貝類幼生の同定をご指導いただいた水産大学校助教授網尾　勝博士，調査採集にご援助いただいた西海区水産研究所下関支所職員一同，ならびに資料の整理取りまとめにご協力いただいた当時水産大学校増殖学科学生であった下田理文，陣内満由両氏に深く感謝の意を表する．

最後に本稿の校閲をいただいた当所の佐藤重勝所長，矢野　実下関支所長および種々の有益な助言をいただいた当所の本城康至底魚資源部長に対しお礼を申し上げる．

材 料 と 方 法

油谷湾における動物プランクトン調査は，1975年，'76年の両年において，マダイ稚仔魚が来遊する4月から8月にわたって，毎月10日および25日前後を観測日と定め，湾内の22地点を定点として実施した(図1)．使用したネットは口径43cm，ろ過部の側長180cm，網目0.1mm（パイレン200目）のもので，網口にろ水計を取りつけ，底から表面まで毎秒約1mの速さで鉛直採集を行った．採集した標本は直ちにホルマリン濃度5％で固定した．標本はそれぞれ2分割し，一方はろ過後電気定温乾燥器に入れ60℃で約10時間乾燥して秤量し，残りの標本については動物群別同定と計数を行い，一部主要動物群については代表的な出現種の査定を行った．得られた乾燥重量は1㎡当りの値に，さらに動物群個体数は1ℓ当りの値に換算し，それぞれろ水量について修正を行った．



図 1. 採集定点と海域区分図

結　　果

1. 乾燥重量の季節的変化と出現最多期の水平分布

採集されたプランクトンは，時には珪藻類が混在することもあったがその量は極めて少なく，重量的にはほとんどすべてのものが動物種であった．図2に乾燥重量の調査期ごとの1地点平均値の季節的変化を示した．

プランクトン乾燥重量の季節的変化の特徴をみると，1975年では5月から増加し6月前半に平均250mg/m³と顕著な増加がみられ，以降低下して平均100mg/m³程度の値を中心に増減を繰り返した．1976年では4月以降漸次低下し，5月後半では平均10mg/m³と最小値を示したが，6月に入り再び増加し同月後半には平均80mg/m³に達し，7月後半以降は減少し20mg/m³以下にとどまった．

なお両年の4～8月にわたる平均乾燥重量を比較すると，1975年は1地点当り110.41mg/m³であったのに対し，1976年は37.05mg/m³で両年間の乾燥重量には約3倍の相違がみられた．

以上，調査期ごとの1地点平均乾燥重量の消長を述べたが，その水平分布の特徴をみるために乾燥重量のもっとも大きかった6月の地点別測定結果を図3に示した．

なお海域区分は図1に破線で示しているようにStn. 1～7を湾奥部，Stn. 8～14を湾中央部，Stn. 15～22を湾口部と3つに大別した．1975年6月前半には湾奥部（Stn. 2～5）および湾奥部と湾中央部との境界付近（Stn. 7～9）の両水域では，6月前半の全地点平均値249.12mg/m³を上回る量がみられたが，湾中央部北岸（Stn. 10～12）と湾口部（Stn. 14～22）の両水域での値はほとんど平均値以下であった．1976年は湾奥部（Stn. 1～7）の水域では，6月後半の全定点平均値81.14mg/m³を大きく上回る量をみたが，湾中

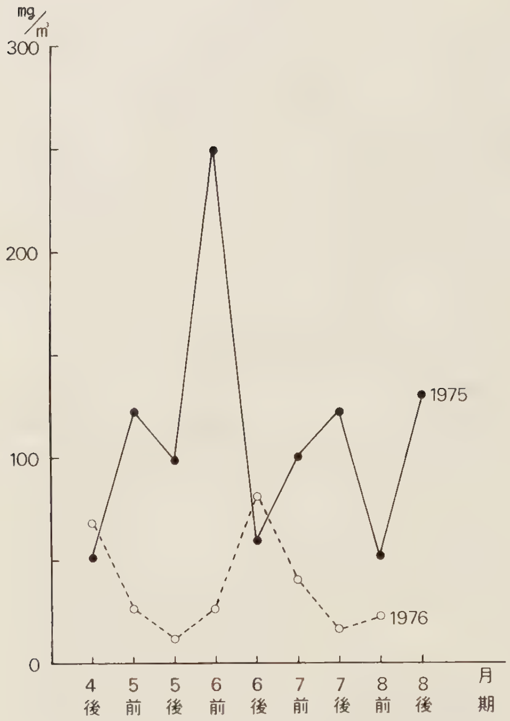


図 2.　期間別平均乾燥重量の消長

央部（Stn. 8〜14）から湾口部（Stn. 15〜22）の水域では，湾口中央部の Stn. 16, 21の2点を除いてすべての定点で平均値以下であった．特に湾中央部水域の Stn. 8〜10および12〜14での値は著しく少なかった．すなわち1975年の乾燥重量の水平分布は湾口部から湾奥部水域に向かって増加するという傾向を示した．1976年は前年と基本的なパターンは変らないが，湾中央部水域の分布量が著しく少ないことが特徴的であり，湾奥部水域は前年同様多量分布域が形成されている．

2．優占動物プランクトン群とその季節的変化

両年とも調査期間中本湾では4月から6月の間湾内全域にわたって夜光虫（*Noctilca scintillans*）が極めて多量に発生し，とくに1975年6月前半の動物組成は夜光虫の単一群集の様相を示した．1976年ではその割合は46〜84%であった．しかし，本種はマダイ稚仔魚の餌生物として出現しないので，この項では検討の対象から除外した．

表1に1975年，'76年の動物群別の出現状況を示した．動物プランクトン群の出現個体数の年平均値は1975年は65.9個体/ℓ，1976年が32.6個体/ℓで，1975年は1976年の約2倍に相当し，両年間に大きな相違が認められる．この結果は夜光虫を除外した値であるが，夜光虫も含めて定量された乾燥重量の両年間の比較値と非常に近いものとなっている．

各調査期ごとの平均出現個体数は4月後半から6月前半にかけて両年間に著しい相違があり，1975年は1976年の2〜15倍であったが，6月後半以降では両年間の平均出現個体数は年によるが1〜2倍の範囲にとどまった．

これらの違いは各動物群の出現率に極めて特徴的に示され，6月前半までは主として原生動物のうち有鐘繊毛虫類が主体であったが，以後は橈脚類が主要な動物群として優占順位の第1位を占めている．両年間の動物群別の出現の仕方でもっとも特徴的な点は，1976年にのみ渦鞭毛虫類の *Ceratium* spp. が優占群として現われたことであった．

以上の結果からみると油谷湾における動物プランクトンの春・夏季における出現様式は次のように概括される．すなわち4〜6月には原生動物群の湾内における増殖を反映し，橈脚類は第2優占群を構成するが，6月以降は橈脚類を第1優占群とした構成となる．その他の主要動物群としては枝角類・尾虫類および貝類・フジツボ類等の幼生プランクトンも出現するが，それらの期間ごとの出現組成上の順位は年により変化する．また原生動物群も年により優占動物群および出現種が変化する模様である．

以下に各動物群別にその主要出現種と動物群の分布実態を述べる．

有鐘繊毛虫類は上述のように4〜6月に湾内動物プランクトン群の第1優占群となっているが，その出現種は大部分沿岸性の *Codonallopsis nipponica* で，本種の単一組成によるといっても差しつかえなかった．

図4には最多分布をみた1975年4月後半の水平分布を示した．湾奥部の隅田川河口水域に濃密（1963個体/ℓ）に分布し，次いで湾中央部北岸と南岸水域（368〜236個体/ℓ，419〜187個体/ℓ）に多く出現し，湾口部に近づくにつれて減少する傾向が認められる．しかしその他の多量分布がみられている時期には湾中央部北岸水域に分布の中心が認められている．

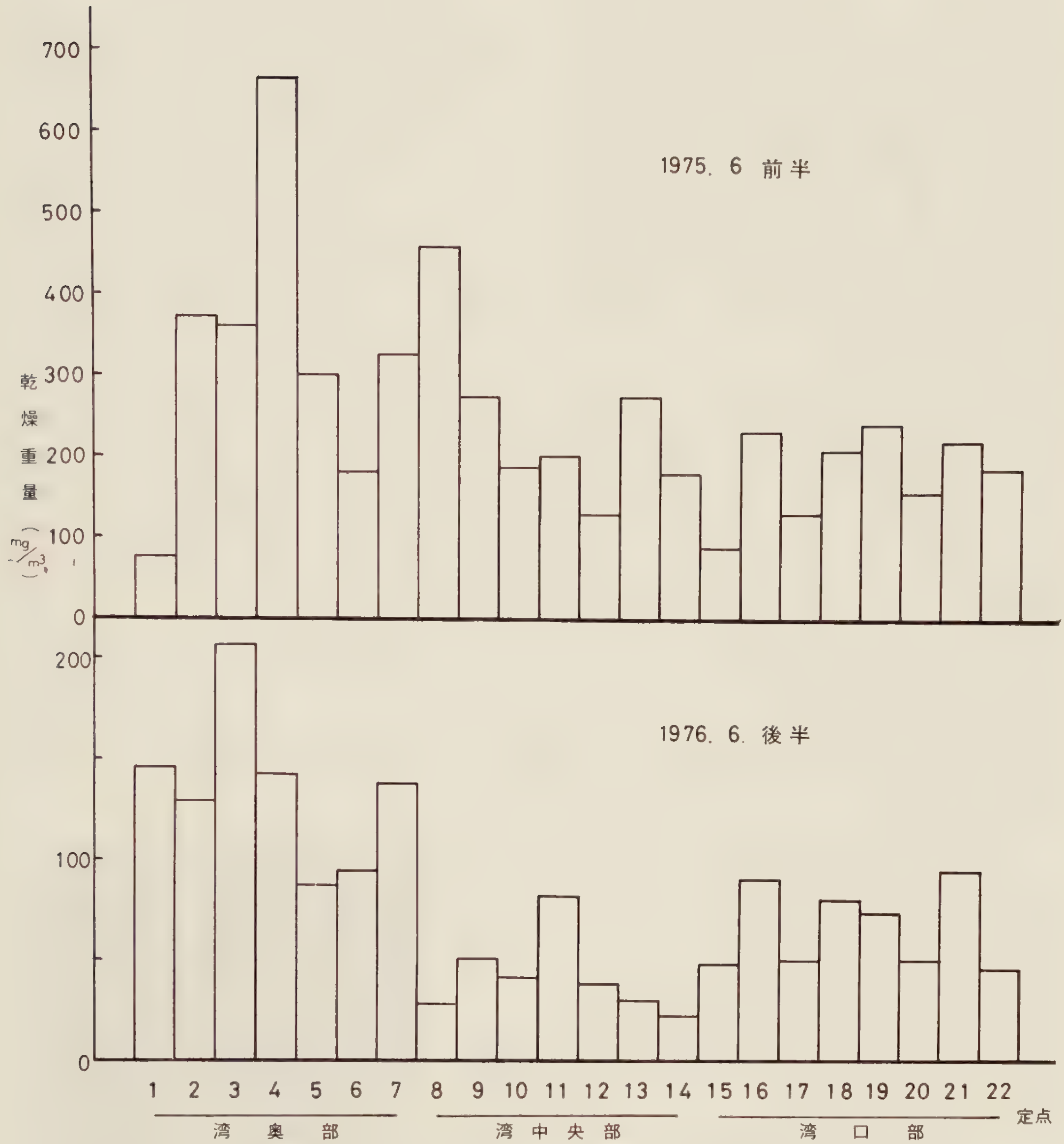


図 3. プランクトン乾燥重量の最多出現期の定点別出現状況

橈脚類は有鐘繊毛虫類が優占した4～6月には第2優占群であったが，以降は第1優占群として本湾の動物プランクトン群の主群を構成した。

橈脚類の出現割合は表1に示されるように，両年とも6月以降には全動物プランクトン出現個体数のほぼ50%以上を占め本湾における橈脚類の重要性を示しているが，これらを各調査期ごとの出現個体数でみると，1975年は1地点当り3.3～38.4個体/ℓ，1976年は4.7～33.5個体/ℓの分布密度であり，両年間で著しい違いは認められない．しかし年間の1地点平均出現個体数は，1975年が21.0個体/ℓであったのに対し，1976年は13.3個体/ℓで，両年間に相違が認められた．

表 1. 半月別動物プランクトンの出現状況

年	(%)	種類 ＼ 期間 ＼ 月	4 後	5 前	5 後	6 前	6 後	7 前	7 後	8 前	8 後	計
1975	一地点当り平均出現率	有鐘繊毛虫類	**82.6**	**71.2**	**29.0**	**26.8**	—	—	—	—	—	**54.6**
		渦鞭毛虫類	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		橈脚類	12.1	15.2	**37.2**	**54.3**	**66.8**	**76.8**	**84.4**	**78.6**	**77.1**	**31.8**
		尾虫類	1.5	6.4	3.1	2.6	14.2	5.0	3.1	2.8	1.2	3.7
		枝角類	0.0	0.5	1.1	6.1	6.4	5.5	6.7	6.1	7.9	2.1
		矢虫類	0.0	0.0	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.4	0.3	0.1
		貝類幼生	3.2	5.5	**25.8**	6.0	6.2	3.1	2.5	7.5	4.9	5.4
		フジツボ類幼生	0.1	1.1	2.3	2.9	5.1	8.0	1.0	0.0	5.2	1.4
		多毛類幼生	0.0	0.0	1.1	1.1	1.1	1.4	2.2	4.1	3.5	0.8
		その他	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	平均出現個体数/ℓ		222.3	183.4	29.2	6.1	12.9	22.5	45.6	27.7	43.6	65.9
1976	一地点当り平均出現率	有鐘繊毛虫類	**43.9**	**58.2**	18.6	—	—	—	0.2	—		9.1
		渦鞭毛虫類	0.3	10.8	**45.7**	**60.9**	9.5	6.1	**38.4**	**23.9**		**26.5**
		橈脚類	**43.7**	**21.5**	**30.0**	**20.7**	**72.6**	**57.9**	**44.4**	**40.6**		**40.7**
		尾虫類	0.1	1.1	0.5	1.9	0.9	4.7	4.8	**20.3**		6.3
		枝角類	0.2	0.7	1.3	10.5	5.8	3.4	7.2	0.8		4.2
		矢虫類	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1		0.0
		貝類幼生	11.6	6.5	—	1.3	3.0	1.0	1.2	5.9		3.2
		フジツボ類幼生	0.1	0.3	3.3	4.1	7.9	**25.0**	2.9	6.9		8.9
		多毛類幼生	0.1	1.0	0.6	1.3	0.2	0.8	1.1	1.6		0.9
		その他	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1		0.0
	平均出現個体数/ℓ		15.6	23.5	15.7	47.5	13.1	57.9	33.7	53.5		32.6

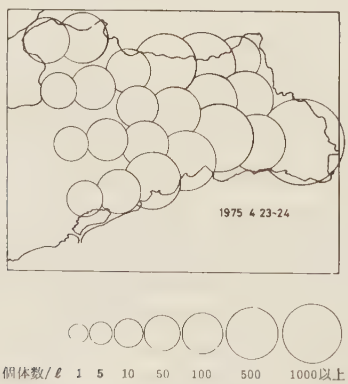


図 4. 繊毛虫類 (*Codonellopsis*) の水平分布

またこれらの橈脚類個体数は全発育期を合計したものの出現数であるから，季節的にその発育期別の出現状況を1975年を例として図5に示した．

図によれば，6～7月前半までの間はノープリウスおよびコペポダイト期の出現数がそれぞれ50～30%および30～50%を占め，成体は全体の20%程度に過ぎな

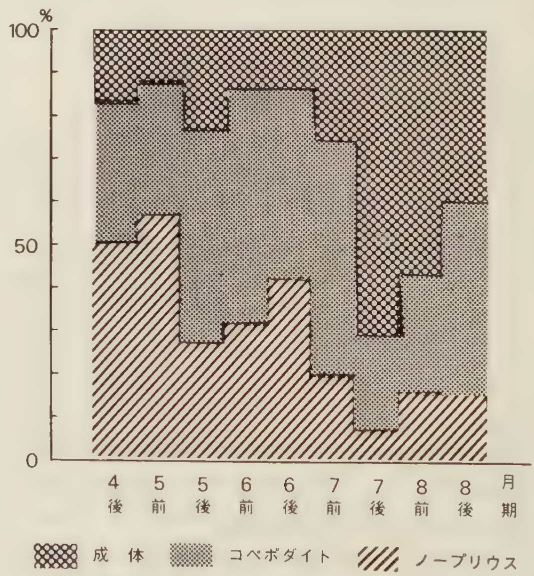


図 5. 1975年における橈脚類の発育期別季節別出現率

い．しかし，7月後半以降は急激にその出現組成が変化し成体の割合が著しく増加する．これは上述のように夏季に外洋性種が湾口〜湾中央部へ卓越分布の傾向を示したことと関連しているものであろう．したがって，7月以前の組成は沿岸・内湾性の小型橈脚類の発育期別の出現実態を示しているものといえよう．

その主要出現種は4月には *Acartia clausi*, *Paracalanus parvus*, *Oithona similis*, *Oithona brevicornis*, *Microsetella norvegica* などが，5月には *Acartia clausi*, *Oithona brevicornis*, *Oithona similis*, *Paracalanus parvus*, *Corycaeus affinis* などが，6月には *Acartia clausi*, *Acartia erythraea*（湾口部のみ出現），*Oithona similis*, *Oithona brevicornis*, *Paracalanus parvus* などが，7月には *Oithona brevicornis*, *Paracalanus parvus*, *Acartia erythraea* などが，8月には *Paracalanus parvus*, *Oithona brevicornis*, *Microsetella norveica*, *Euterpina acutifrons* などでいずれも小型の橈脚類であることが特徴的であった．これらの他に少量であるが，*Calanus helgolandicus*（4〜8月），*Nannocalanus minor*（4〜8月），*Undinula darwini*（6〜

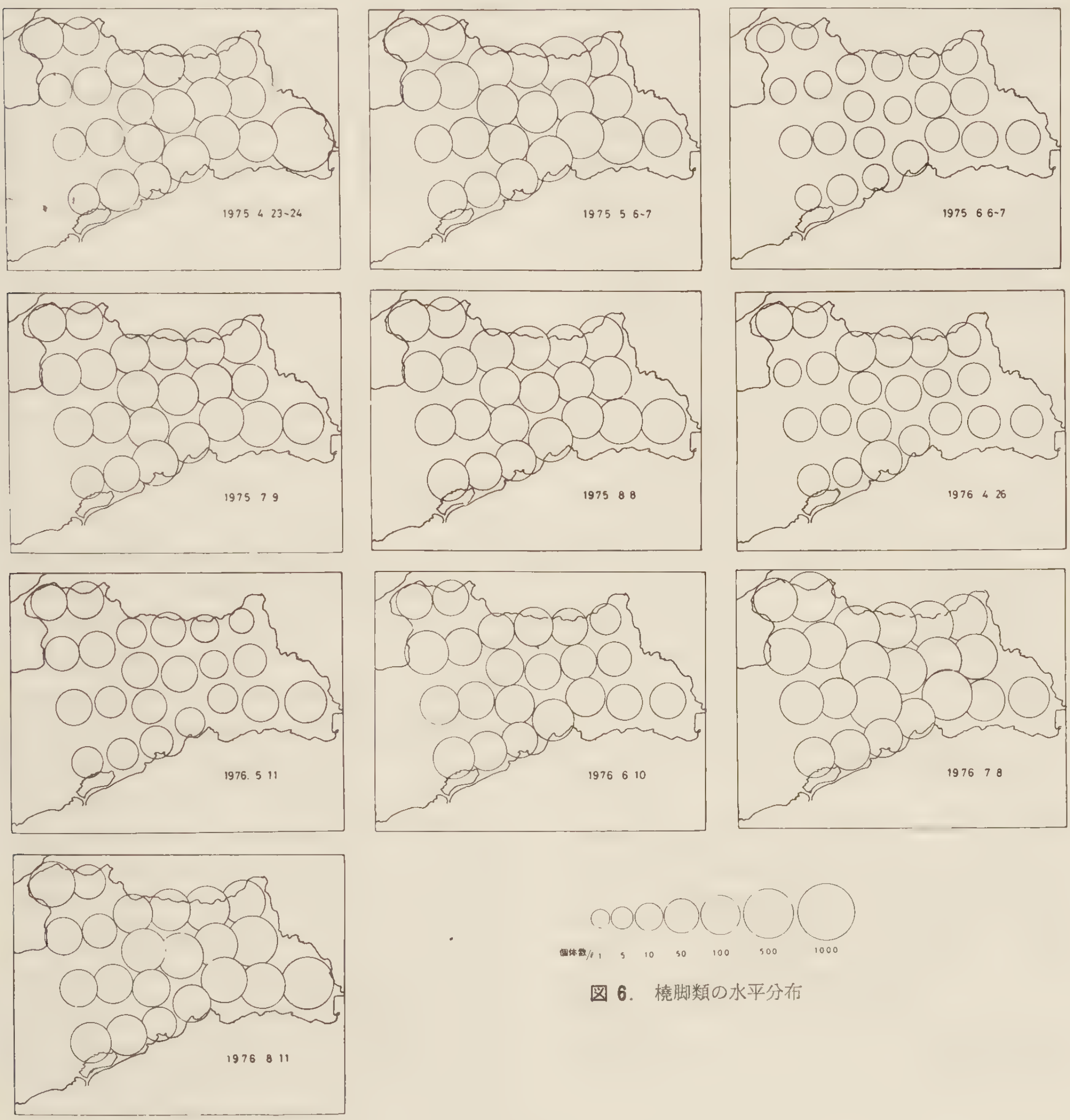


図 6．橈脚類の水平分布

8月), *Eucalanus attenuatus* (7～8月), *Eucalanus crassus* (7～8月), *Euchaeta marina* (6～8月), *Centropages abdominalis* (4～6月), *Centropages yamadai* (6～8月), *Temora discaudata* (5～8月), *Temora trubinata* (5～8月), *Oithona plumifere* (5～8月), *Corycaeus speciosus* (5～8月), *Oncaea venusta* (4～8月) なども検出された．なお体長2.0～3.5㎜の大型種の *Calanus* 属, *Euchaeta* 属, *Eucalanus* 属などは湾口部水域の地点に多く出現した．このように本湾に分布する橈脚類のうち多量出現する種類は沿岸・内湾性のものがほとんどであるが，夏季の水温上昇および沖合水の湾内への流入などに伴って，外洋性種の大型橈脚類が出現する．なおこの調査結果は山口県外海水産試験場が報告した（水産庁）[1] 本湾の橈脚類分布の概要とほぼ一致した．

これらの橈脚類の出現状況を図6に示した．1975年の4～5月には湾奥部と湾中央部北岸水域に多く，湾口部水域に少ない．6月は全般的に出現数が少なかったが湾奥部の隅田川河口域を除く湾中央部との境界付近に多い．7～8月はもっとも多い時期に当り，湾口

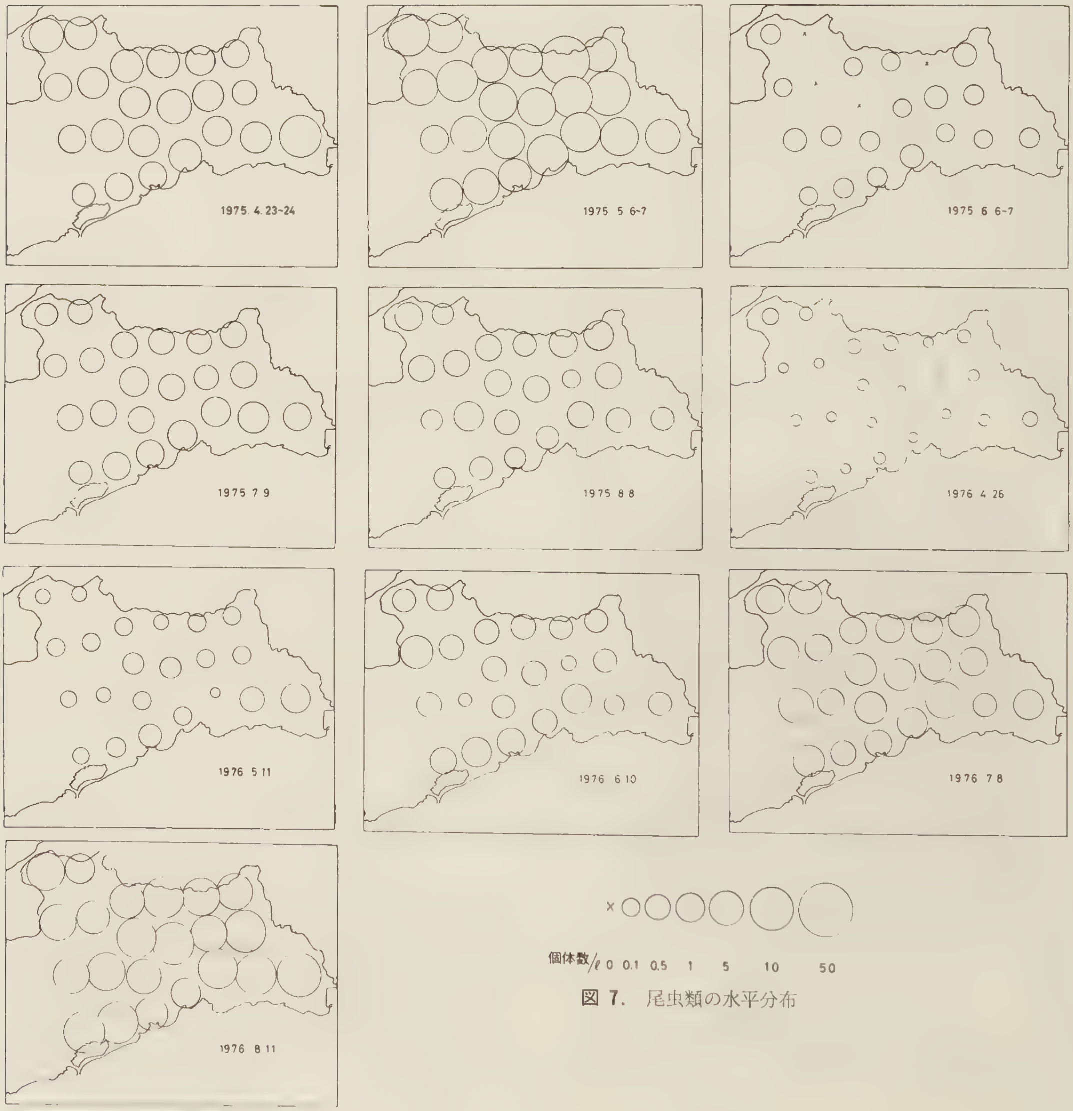


図 7．尾虫類の水平分布

南岸寄りの水域を除いて全般的にほぼ一様な分布を示した．1976年の4月には湾中央部南岸の湾口寄りと同北部水域に多く，湾口部と湾奥部の隅田川河口域に少ない．5月は湾口部から湾中央部水域に多く，隅田川河口域を除く湾奥部水域に少ない．6月は湾中央部北岸水域と南岸水域に分布の中心がみられ，湾奥部の出現量は少ない．7月以降は湾口部水域と湾奥部隅田川河口域では少ないが，湾中央部全域にわたり主分布域が形成され，1975年同様夏季における橈脚類の出現様式を示した．このように橈脚類の水平分布は年によってある程度の相違が認められるが，巨視的には外洋水の流入する湾口部南岸水域には比較的少なく，湾中央部と湾奥部の境界付近および湾中央部北岸水域に出現量の多い分布実態がうかがえる．このことは先の種組成で述べたが，本湾では *Oithona brevicornis, Acartia clausi* および *Paracalanus parvus* など体長0.5～1.0㎜の小型の沿岸・内湾性種が多産していることに対応している．

尾虫類の出現割合は表1に示されるように，1975年では全動物プランクトン出現個体数の1.2～14.2%であったが，1976年はほとんど出現をみない場合から夏季に20%を示した場合もあった．これらは出現個体数でみると1975年は1定点当り0.2～11.8個体/ℓ,1976年は0.01～10.9個体/ℓの値となり両年を比較すると，1975年は1定点平均2.4個体/ℓ，1976年は2.1個体/ℓで両年ともほぼ同様な分布実態を示している．しかし両年間の季節的な出現傾向は著しく相違し，1975年は全期間出現をみて6月後半に出現割合が高かったのに対し，1976年は7月以降の出現割合の増加が目立ち，8月前半に最多出現をみている．

尾虫類の主要出現種は *Oikopleura dioica* 次いで *Oikopleura longicauda* であったが，*Fritillaria pellucida* も僅かながら出現をみた．

本種は橈脚類とともにマダイ稚仔魚の餌生物として評価されており[2]，その水平分布を図7に示した．1975年の4月には湾奥部の隅田川河口水域および湾中央部に多量出現した，湾中央部と湾奥部との境界付近および湾口部南岸水域に少ない．5月には全域にわたり出現数の増加がみられ，分布状況は湾口部南岸・湾中央部北岸水域の一部および湾奥隅田川河口水域で少ない他全域的に多量分布がみられた．6月は全般的に出現数が減少し，北岸寄りの水域ではほとんど出現してない．7月は分布量がやや増加しているが湾中央部南岸から湾奥部南岸水域にかけて出現傾向が高く，北岸一帯は6月前半同様やや少ない分布を示した．8月は6・7月と反対に湾奥部北岸から湾口部北岸水域に多く，南岸水域ではやや少ない．1976年4～6月の分布量は前年に比べ著しく少なく，7月に出現個体数の増加が目立ち湾中央部と湾口部北岸寄りに多く，湾口部南岸や湾奥部南岸の水域の出現数は少ない．8月は前述のように出現数がもっとも多かった時期で，湾奥部から湾中央部北岸水域および湾口部南岸水域に多量分布をみた．

このように尾虫類の分布状況は年によりその季節的な違いがみられているが，地形的には両年とも湾中央部北岸水域に多量分布が認められる．

枝角類の出現割合は表1にみられるように，1975年では夏季に高く8月後半の動物群中の7.9%を示し，1976年では6月前半に10.5%がもっとも高い値であった．両年を通じその出現数および出現割合には大きな相違はみられてない．しかし季節的には1976年4・5月における出現割合の少なかったことが特徴である．

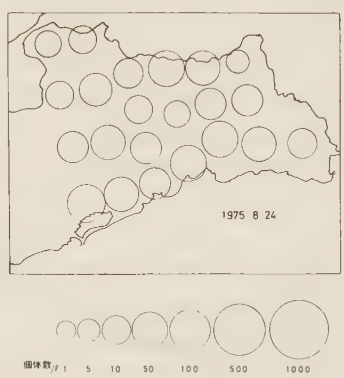


図 8．枝角類の水平分布

種の出現状況は4月から5月にわたっては *Evadne spinifera* と *Evadne nordmani* が，6月から7月には *Podone polyphemoidea, Evadne tergestina, Penilia aviostris* が，そして8月に *Penilia avirostris, Evadne tergestina* の順位で多量に出現した．

もっとも多くの分布をみた1975年の8月後半の水平分布（図8）をみると，湾南岸水域一帯と中央部北岸水域に多く分布し，その他の水域での出現量は少な

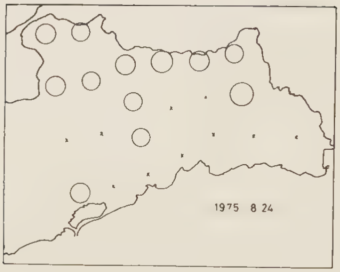


図 9.　矢虫類の水平分布

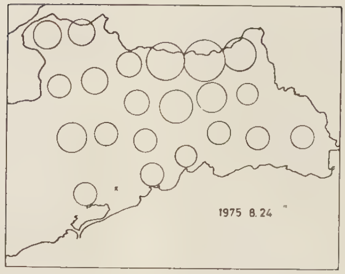




図 11.　フジツボ類幼生の水平分布

い．そして湾口部水域では *Penilia avirostris* が，湾奥部水域では *Evadne tergestina* の出現量が目立った．

矢虫類の出現割合は表1にみられるように両年とも極めて低い．1976年は1975年に比べ全般的に出現個体数も少なかった．その種組成は *Sagitta crassa*, *Sagitta bedoti*, *Sagitta pacifica* そして *Sagitta enflata* がその主な構成種であった．多量に出現した1975年8月後半の水平分布（図9）は，湾の北岸水域一帯に出現しているが，南岸水域の地点ではほとんど出現しなかった．なお，この時期の出現種は主に *Sagitta crassa* で，次いで *Sagitta enflata* であった．

貝類幼生の出現割合（表1）をみると，全動物群個体数に対して両年とも3～5％を占め，ほぼ尾虫類の出現割合と同様な結果を示しているが，季節的には4～5月にもっとも多く，次いで8月に出現割合が高かった．その組成をみると，春季には巻貝(Assimineidae, Diastomidae, Pomatidae, Odostomia）の幼生の出現割合が高く，夏季8月には二枚貝（Mytilidae, Ostreidae，その他）のD型ベリジャーの出現が多い．多量に出現した1975年5月前半の水平分布（図10）は，湾奥部北岸水域の一部の地点と湾口部北岸水域に多く出現し，湾口部南岸水域ではやや少ない．

フジツボ類幼生の出現割合（表1）をみると，1976年の割合が前年より高く表われているが，季節的には両年とも6月以降に出現割合が高まり，各調査時による出現割合の変化が激しい．もっとも多くの分布をみた1975年8月後半の水平分布（図11）をみると，湾の北岸水域一帯に多く，特にその中央部水域に濃密な分布域を形成し，湾の南岸水域の出現数は少ない．

多毛類幼生の出現割合（表1）は，全体で両年とも1％以下に過ぎない．1975年8月後半の水平分布（図12)は湾中央部から湾奥部に分布の中心があり，湾口部の分布量は少ない．

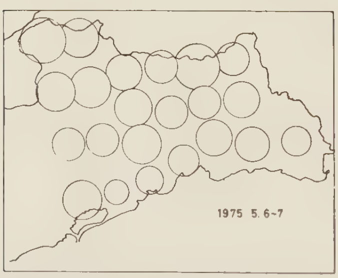
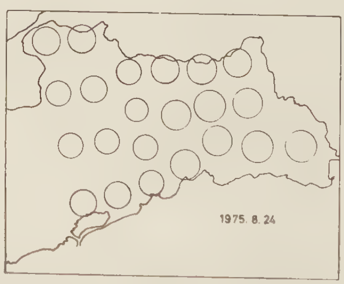


図 10．貝類幼生(巻貝.二枚貝)の水平分布



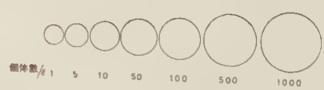


図 12.　多毛類幼生の水平分布

考　　察

ここでは以上に述べた動物プランクトン群の分布性状を，湾内の流況および堆積物の粒径分布の性状などの無機的環境と比較し，マダイ稚仔魚などの餌料条件としての若干の考察を試みたい．

使用したネットの網目は本来ミクロ・プランクトンを対象とする場合に用いる0.1㎜のものであり，採集

物の組成はいわゆるマクロ・プランクトンとしての動物プランクトン群集の構造特性を反映するものではない．したがってここに得られた諸結果は日本近海の（志々伎湾を除く）他水域と直接比較することはできないが，油谷湾の小型動物プランクトン群集については，その分布実態をよりよく反映し得たものと考えている．

前項までに述べた動物プランクトン群の出現状況を通じ，油谷湾内におけるその群集構造の変化過程は大略次のようなものであろう．

湾内の3地点について調査された山口県外海水産試験場によれば（水産庁）[1]，植物性プランクトンの増大期は，1973年4月以降1974年3月までの間に，7月，10月および3月にそれぞれ存在している．一方，動物性プランクトンの季節変化の過程は本研究結果と似た経過が示されている．採集方法の違いなどから一概に比較できないが，1975，'76年の春・夏季には植物性プランクトンの出現をみなかったことから，本湾のプランクトン出現様式は年による変化の大きいことが予想される．しかし，外海域での観察などからみると，春季に珪藻類の増大期がみられるのが普通のようである．したがって，この珪藻類の増大期のあとに本研究で明らかなように，原生動物群が湾内の優占群を形成するものと考える．それはほぼ4～6月の間にみられ，その構成は内湾性の有鐘繊毛虫類主として *Codonellopsis nipponica* や場合により渦鞭毛虫類の *Ceratium* spp. によるものと，外海域の沿岸水系に広く分布する渦鞭毛虫類の夜光虫（*Noctiluca scintillans*）の湾内での大増殖によりもたらされている．今回の調査で夜光虫を個体群の定量の対象から除外したことは，油谷湾の動物プランクトン群集構造特性を説明する上からは問題を残したが，これらの原生動物群の消滅のあとは，4～6月の間第2優占群を形成していた橈脚類が7月以降第1優占群となる群集構造へと推移する．7月以降の橈脚類の種組成に外洋性種の増加がみられることは，以後の夏・秋季における本湾の動物プランクトン群の基本的な構成が橈脚類を第1優占群とする構造で経過することを想定させる．なお，本湾における動物性プランクトンと植物性プランクトンの相互の現われ方の関係については今後の研究に待ちたい．

これらの各優占群の湾内における分布構造は多くの場合，湾奥部ないし湾奥部と湾中央部の境界付近および湾中央部北岸水域に多く，湾口部南岸水域に少ない．また動物プランクトン群で多量に出現した種類のほとんどが沿岸・内湾性種であり，前述の優占群の他では若干年による変化がみられているものの尾虫類，貝類・フジツボ類の幼生および枝角類が数％の割合で出現した（表1）．さらに全期間を通じてもっとも優占群として出現する割合の高い橈脚類は4～6月にノープリウス期およびコペポダイト期の組成が高く，それらはほとんど小型橈脚類のものとみられた．使用したネットの網目が0.1㎜であったため，それら小型橈脚類の浮遊卵や一部のノープリウス前期のものは相当数が網目を抜けたことを考えると，4～6月におけるノープリウス期の個体数割合（図5）はさらに高かったものと推定される．

また，橈脚類の分布密度は，本研究と同様な方法で調査された志々伎湾の橈脚類の月平均1定点当り出現数が2～18個体/ℓの範囲にあった[3]のに対し，本湾では1定点当り平均3～38個体/ℓ，年平均値で13～21個体/ℓで油谷湾の分布密度は志々伎湾に比べ同等ないし2倍の値を示したことが注目される．

主要動物群が沿岸・内湾性種で小型の個体が多いことは，それらの分布性状が湾内水の流動条件に強く影響されているはずである．俵・大内[4]は油谷湾の一般的な流況を次のように説明している．すなわち外海から流入する外洋水は大部分が湾口部南側から南岸沿いに流入し，湾口部南岸に注ぐ粟野川の河川水の影響をうけつつ湾奥部へ流れる．湾奥部には隅田川が開口し，南岸沿いに流入した外洋水はその河川水と竹島付近で接触しながら北に向きを変え，その後湾の北岸沿いに西流する反時計回りの環流を形成している．また流入する外洋水の一部は直ちに湾口部北岸域に向かう枝流も形成し，これと前述の反時計回りの環流とが，湾口部および湾中央部の北岸寄りで接触する．

またこのような流況を反映する本湾の堆積物の粒径分布[5]は，湾口部および湾の南部沿岸沿いに粗粒堆積物が，湾の北部沿岸沿いに微粒堆積物が分布する．

これらの結果は各優占動物群の分布構造にみられた多量分布域が湾内水の流況パターンとよく関連し，堆積物の分布特性とも相似的な様相となっていることを示している．

油谷湾口に輸送されたマダイ稚仔魚は成育の過程で湾の中央部からやや奥寄りの場所に4～5月頃に来遊

し，それが着底生活期に移行する過程で湾奥から南岸沿いの浅所，とくに藻場の周辺に5月下旬から6月にかけて生活の場を求めてゆく[6]．またそれらのマダイ稚仔魚の捕食実態をみると[2]，着底生活期に至るまでの全長40mm以下の稚仔魚は主に橈脚類と尾虫類を捕食することを示し，志々伎湾では尾叉体長30mm以下では橈脚類が主要な餌料となり，30mmを超えるとヨコエビ類，70〜90mmではワレカラ類，多毛類およびアミ類と餌は多様化している[3]．なお油谷湾のチダイ稚仔魚に関する鶴田・浜崎* の結果より推定すれば，本湾のマダイ幼稚仔魚は小型橈脚類およびそのノープリウス，尾虫類，枝角類，貝類幼生などを幅広く捕食していることも考えられる．

このようなマダイ稚仔魚の油谷湾における食性生態は，本研究に示された橈脚類などの分布実態に対応した現象形態として注目される．この対応は上述の湾内の流況および堆積物粒径分布の説明から，湾内水の流動条件により媒介されていることは明らかである．

なお，動物プランクトン群の出現が5〜6月に両年とも一時減少し，7月から再び増加すること（表1）は動物プランクトン群の季節的消長における本湾の特殊性を反映しているかも知れない．一方，5〜6月に橈脚類および尾虫類などの餌料プランクトン群が減少することは，多くのプランクトン・フィダーによる捕食も一つの理由として考慮すべきではあろうが，2の項で述べた夜光虫の4〜6月における存在との相互関係で今後検討すべき問題であると考えている．

要　　約

油谷湾に来遊するマダイ稚仔魚の餌料生物を対象として，1975年，'76年の4〜8月の間，動物プランクトン群に関する研究を行い，次のような知見をえた．

1. 1975年，'76年の両年の4〜8月にわたる平均乾燥重量を比較すると，1975年は1定点当り110.41mg/m³であったのに対し，1976年は37.05mg/m³で両年間の乾燥重量には約3倍の相違がみられた．
2. 全動物プランクトン群の出現個体数は1975年が65.9個体/ℓ，1976年が32.6個体/ℓで，1975年は1976年の約2倍に相当した．
3. 各調査期別の平均出現個体数は6月以前とそのあとでは著しい相違がみられ，6月以前の変動幅が顕著であった．このことは動物プランクトン群の優占群の季節的変化の結果を反映したものであった．
4. 優占動物群は6月を境に変化し，4〜6月には原生動物の有鐘織毛虫類，6〜8月には橈脚類が第1優占群となった．なお橈脚類は4〜6月においても第2優占群となっている．
5. 尾虫類，貝類幼生，フジツボ類幼生，枝角類などは動物群としての組成は少ないが，橈脚類に次ぐ優占群として出現し，矢虫類，多毛類幼生の出現割合は極めて少ない．
6. 各動物群の水平分布は湾奥部ないし湾奥部と湾中央部の境界付近および湾中央部北岸水域に多くの場合濃密分布域を形成し，湾口部から湾の南岸水域の分布量は少なかった．
7. マダイの餌として重要な橈脚類の発育期別の出現は稚仔魚の湾内への来遊時期から着底生活期にかけて，ノープリウスおよびコペポダイト期の出現割合，とくに4〜5月のノープリウスの割合が著しく高いことが知られた．
8. 橈脚類の油谷湾における分布密度は志々伎湾のそれと比較して同等ないし約2倍の水準であった．
9. 動物プランクトン群の水平分布は流況・堆積物の諸結果と対応関係のあることを示し，この関係が油谷湾内でのマダイ稚仔魚と餌料生物との関係を媒介していることに注目した．

文　　献

1）水産庁　1975：水産環境．特定地域(油谷湾)漁業振興および環境整備基本計画調査報告書，23-31．

2）大森迪夫　1980：油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性．西水研研報，(54).931-09.

＊日本水産学会，昭和54年秋季大会．口頭発表．

3）田中　克　1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当歳魚の生産をめぐる問題点．漁業資源研究会議報(20)，77-102．

4）俵　悟・大内　明　1980：油谷湾の海況および隣接海域の流況について．西水研研報，(54)，15-44．

5）井上尚文　1980：油谷湾の海底地形と堆積物の粒径分布．西水研研報，(54)，1-14．

6）森　慶一郎　1980：油谷湾における浮遊期，底生生活初期のマダイの生態．西水研研報，(54)，59-78．

油谷湾における浮遊期，底生生活初期のマダイの生態

森　慶一郎

Migration of a Sparid Fish, *Pagrus major*, from Pelagic to Demersal Life as Observed in Yuya Bay, Yamaguchi

Keiichiro MORI

1. Migration in early life-history stages of a common sparid fish, *Pagrus major*, was studied in Yuya Bay, Yamaguchi Prefecture, where the fish had been known to migrate into from the open sea in their early stages at some time in the spring and return to the open sea in the fall. Surveys were carried out during 1975 through 1977. Three kinds of gear were used for the collection of the material, i. e. larva-net, *funabiki-ami* (a kind of seine), and beam trawl.

2. The onset of the arrival of the fish to the bay was observed in late April or little earlier every three years. This continued until late June or little later with a peak in May when the abundance of larvae in the planktonic phase was the highest. The length of the fish upon arrival at the entrance of the bay was observed to be less than 10 mm TL. It means that the fish reached there in their larval stage, allowing the possibility of their arrival at egg stage because eggs were not identified in this study.

3. Being planktonic, the larvae were presumably transported into the bay by the current which is known to flow into the bay forming a gyre counter clock-wise in direction. Some of the larvae at this stage have acquired a swimming ability strong enough to resist the weak current (2-3 cm/sec) and stay within the gyre to be accumulated there. This is one possible explanation for the high density of larvae which were observed deep inside the bay in May.

4. Within the area mentioned above, larvae grew to their juvenile stage at approximately 10 mm in length. Although they were reasonably mobile at this stage, the majority of the juveniles did not leave the area but remained until they reached 15 mm in length in May through June. During this period, development of diel vertical migration was indicated and some individuals were found close to the bottom.

昭和54年12月31日受理 (Received December 31, 1979)
西海区水産研究所業績 第367号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 367)

5. At about 15 mm, the juveniles moved into a shallower portion of the bay to form another concentration in which the juveniles grew to their young stage. This was formed in the periphery of submerged vegetation which was observed to provide the fish with a variety of food organisms. Dependence of the fish on planktonic animals at sizes less than 30～40 mm indicated that they still retained, in part at least, a pelagic mode of life even after the migration to shallow waters.

6. It seems reasonable to consider that the fish were in a transitional phase during the period from the end of planktonic life at about 10 mm until the commencement of complete demersal life at about 30 mm or larger. The primary aspect of this phase is that the fish are neither planktonic nor demersal, but pelagic in their mode of life. The entire phase appears to be comprized of two periods separated at a length of about 15 mm, around which the shift in habitat occurrs. It may be possible that fish in this phase are subject to heavy mortality because of drastic changes in their mode of life.

7. Settling of the fish is primarily a downward movement, but it is also accompanied by a horizontal movement. The vertical movement is a gradual process which requires the entire period of the transitional phase, while the horizontal movement appears to occurr in a relatively short time at the end of the first half of the phase.

1 研究の目的と背景

漁業資源の変動機構の解明を最終の目標とする諸研究においては，資源加入以前の発育期における生残りの問題はその後の資源量水準に与える影響から考えてもきわめて重要である．マダイのごとく，初期発育段階に浮遊生活期を含む底魚の場合には，浮遊生活から底生生活への移行という生態上の大きな転換に際して当然激しい減耗も予想されるので，問題は複雑となる．そしてこの減耗の実態が明らかにされるためには，この期におけるマダイの生活の諸側面がまず解明されなければならない．

山口県油谷湾には例年春に大量のマダイ仔魚が来遊し，湾内で成長を遂げて秋に幼魚として湾外に逸散する．すなわち，油谷湾は発育期におけるマダイの生活の実態を解明するための研究の場として良い条件を具えている．

西海区水産研究所下関支所は上記の観点から，1975年より'77年に至る3年間行われた「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」(通称「マダイ特研」)に参加した．モデル漁場として油谷湾を選び，マダイの湾への来遊から湾外逸散に至る間の分布・移動，食性，成長，数量変動等について共同研究を行った．本報告はこれらのうち著者が分担した油谷湾への来遊から底生生活初期に至る間のマダイの分布・移動とこれに関連する生態についての観察と考察を取りまとめたものである．

油谷湾がモデル漁場として選ばれたのは，特別研究以前の1972年からこの場所で類似の調査が行われてきており，マダイを含めた各種魚類についてある程度の知見の蓄積があったことが理由の一つであった．内湾はその地形的な閉鎖性ゆえに開放性海域とは異なった固有の生物群集を擁するが，海面は連続しているので勿論，開放性の浅海域との共通性もある．沿岸域の調査の場合，地形的なまとまりをはじめとするいくつかの理由から調査が行われやすく，特定の種の数量的把握も比較的容易であるという研究上の利点が内湾にはある．マダイの発育場が内湾に限らないことが明らか

であるにもかかわらず油谷湾が調査海域として選ばれたのは以上の理由によるものであった．

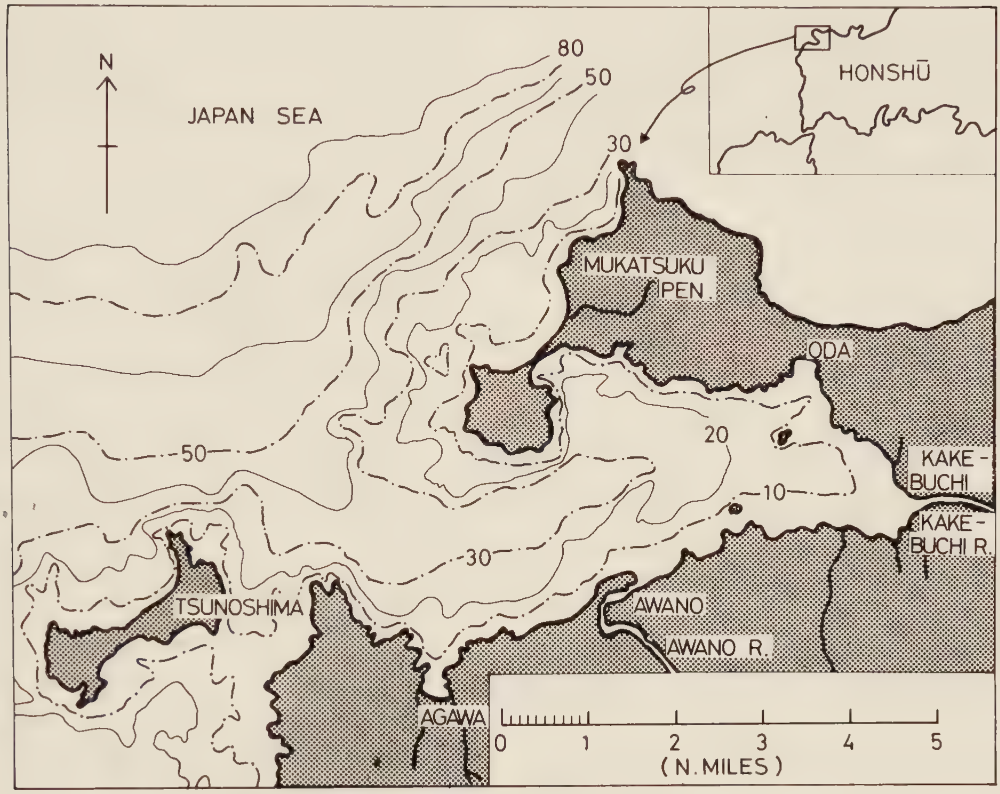


Fig. 1. 油谷湾とその周辺の地形と水深（m）
Topography of Yuya Bay and its adjacent area with depth contour in meters.

2　油谷湾の概要

油谷湾は山口県北西部に位置し，湾口は西に向かって日本海に開いている．湾口幅約4 km，奥行き10 km，面積43.8 km²である（Fig. 1）．湾口付近の水深は約35 mあるが，湾中央より奥では全般に浅く，ことに南岸域では海底の傾斜は緩やかで10 m以浅の水域が広い．湾内には小島が小数あり，これらの周辺と湾奥部を除く南岸沿いには岩礁域が発達している．岩礁域にはホンダワラ類を主体とするガラモ場が，湾奥一帯の浅所にはアマモ場が発達している．粒度組成分布を調べた井上[1]によると，湾中央部から湾奥にかけての一帯の底質は $Md\,\phi 5$ 以上の泥で，南岸沿いにはかなり広い $Md\phi$ 1〜3の中砂ないし細砂域が存在する．

山口外海水試（水産庁[2]），俵・大内[3]によると，湾内の水は基本的には湾外から流入して来る外洋水によって占められ，水温，塩分の季節変化も外洋の変動パターンとよく一致している．最低水温は2月上旬，最高水温は8月中旬に現われ，水温の平均的な季節変化はほぼ外洋的な変動特性を示す．

3　材料と方法

3-1 使用した漁具と調査定点の配置

材料のマダイを採集するために，稚魚網，船びき網，底びき網の3種の漁法による定期的な定点採集を行った．これらを併用したのは，それぞれの漁具のマダイの体長と生態に関連した選択性を考慮し，三者を相補的に組合わせることによって浮遊生活期から底生

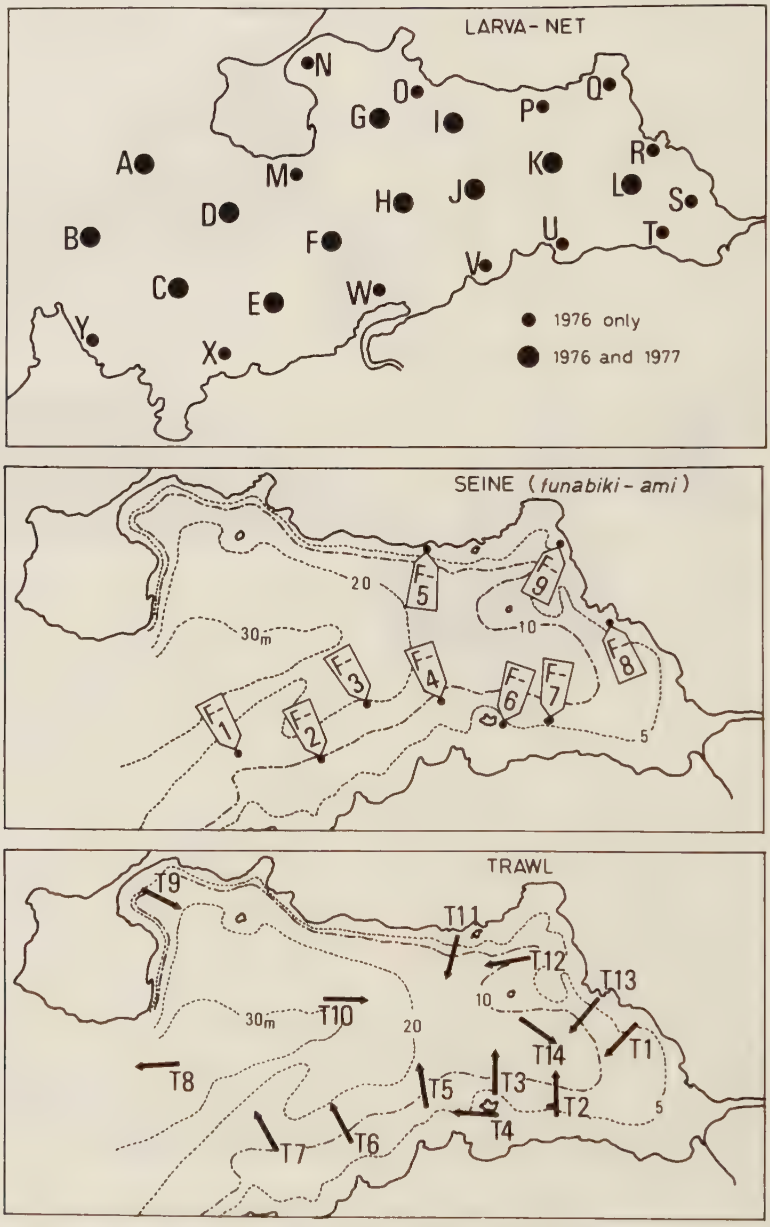


Fig. 2. 稚魚網，船びき網，底びき網による各調査定点の位置；稚魚網定点以外は3年間共通
Locations of stations for three kinds of gear used. Stations for seine and trawl were same in every three year.

生活期に至る各体長のマダイを連続的に採集することを期待したためであった．それぞれの漁具の構造，漁法の概要は以下のとおりである．

稚魚網　'75年には口径80 cm，側長400 cm(円筒部側長190 cm，円錐部側長210 cm)，パイレン40目(網目幅0.5 mm)の円筒・円錐形ネットを用いた．ごく岸寄りの水域も含め，湾内一円に26定点を設定した．1えい網を15分間とし，水深の浅い定点では表面直下の水平びきを行った．水深がおよそ20m以上ある定点では傾斜びきを計画したが，用船した船に必要な諸設備が無かった．このため，水深をほぼ3等分する形での傾斜階段びきを行った．この年の調査結果から，この方法では材料のマダイ仔魚が必要充分なだけ得られないことがわかった．

'76年以降は網目と全体の形は前年同様で網口を大きくし，口径113cm，側長400cm（円筒部側長100cm，円錐部側長300cm）の稚魚網を使用した．ただし，目づまりが激しいので，えい網時間は10分間に短縮した．定点は湾口域まで拡げ定点数は26とした．2ケ年の結果から，ごく岸寄りの各定点ではマダイがほとんど採集されないことが明らかになったので，'77年にはこれらを除き12定点を残した（Fig. 2 上段）．

船びき網　現地の漁業者には“地びき網”と称されており，基本的構造は地びき網である．本来地びき網として使われていたものが，動力巻き揚げ設備をもつ2隻の小船で操業し得るように改良されたものである．主要部は200径（網目幅約1.75mm）の綟網で仕立てられた截円錐形の袋網で，えい網時の網口は直径約10mの円形となる．袋網の底部は水深の浅い所では接地するし，この部分の前方に長く続く荒目の袖網部は最初から海底に接している．網全体が水面から約2.5mのロープで浮子により吊り下げられているから，ごく表層性の魚類は漁獲されないが，網口が大きく網目が小さいこと，網底が接地していること，袖網部による追い込み効果があることによって，ごく小型の魚類から大型のものまで，浮魚，底魚をとわず漁獲できる．採集物の湾内魚類群集の標本としての代表性はかなり高いものと思われる．

操業時には最初に袖網部が扇形に広く開くようにセットされ，後にこれを絞るように，錨を打った2隻の船からごく低速でひかれる．えい網距離と時間は袖網前方に続くひき網の長さで調節する．調査にあたってはえい網時間を正味50分間とした．この場合の網の移動距離は約500mであった．船びき網は漁具の構造から，海底が平坦であること約10m以上の水深が必要なため，操業可能な場所は限定される．このため，調査定点は湾内漁業者の伝統的な漁場から適宜選び8点とした（Fig. 2 中段）．各回の調査ではこれらのうち6点ないし8点につき各1回えい網した．操業はすべて昼間に行った．

漁獲物は現場でホルマリン漬とし，研究室に持帰って魚種の同定，計数等を行った．漁獲物は時には1トンを超えることもあった．このような場合には，なるべく全量の1/10を下まわらないように部分サンプリングを行い，比例抽出法で1えい網当りの漁獲尾数を推定した．

底びき網　湾内で操業する小型底びき網漁船（通称エビこぎ網または打瀬網，1.9トン前後）を漁具を含めて用船した．張竹長8.0m，網の長さ6.0m，目合は15節（網目長約22mm），一部18節（約18 mm）であった．調査に際しては，袋網部にクレモナ綟網（180目，網目幅2.25–2.50 mm)のカバーネットを装着した．1えい網は10分間とし，通常の操業の場合と同じく2ノット前後でひいた．推定えい網距離は約600mである．調査開始当初比較のために昼間のえい網も行ったが，夜間に較べてマダイの漁獲が少なかったので，その後は常に日没後にえい網した．

調査定点は湾内のなるべく広い範囲に等間隔に配置するように14点を設定し，必要に応じて追加した（Fig. 2 下段）．岸寄りの定点では等深線に直角方向にえい網した．袋網の漁獲物とカバーネットの漁獲物は別々に収容し，それぞれ計数，計測の後両者を合わせて1えい網当りの漁獲物とした．

3-2 調査の概要

各年ともマダイの来遊が始まる以前の4月中旬または下旬から，湾外に逸散する11月まで各月1回の調査を行った．ただし，マダイの来遊初期から移動の激しい6月下旬ないし8月までの間は各月2回とした．この調査期間のうち，稚魚網は4月から6月まで，船びき網は4月下旬から，底びき網は5月上旬からそれぞれ使用した．'76年には冬季のマダイの生態と湾内魚類群集の周年にわたる動向を調べるため，冬季も継続して調査を行った．1回の調査は原則として3日間とし，各漁法によるマダイの採集を同時に行ったほか，

水温，塩分量，透明度の観測を行った．この他，植生，底質の調査を随時行った．

4 結果と考察

4-1 幼期マダイの体長と発育段階

マダイの各発育段階の区切りをどの体長におくかという点については，既往の研究をみても必ずしも統一されていない．論議を進める前にこの点を定義しておく．

福原[4] によれば，マダイはふ化後 4～5日，全長 3.35 mm前後で卵黄を吸収し終わる．ここではこの体長を前期仔魚期の終りとした．庄島[5] によると全長 9.2 mmのマダイでは垂直鰭の条数は定数に達しているが，記載されている図から判断すると対鰭は未完成のようである．全長 12.0 mmでは対鰭もすでに完成しているようにみえる．発育段階の定義を内田・道津[6] に従うと，仔魚期と稚魚期の境界は上記の両体長間ということになる．福原[7] によれば，標準体長8.0 mmで各垂直鰭は分節を終り，対鰭は長さを増しかつ尖ってくるという形態上の変化がみとめられ，これは遊泳力の増大等生態・行動面での変化を伴っている．この報告では鰭条数の記載は無いが，標準体長8.0 mm前後をもって後期仔魚期の終りと考えてよいことは，前記庄島の記述と合わせて確かなように思われる．今回採集されたマダイ仔・稚魚の標準体長と全長との関係 (Fig. 3) からみると，福原の標準体長8.0 mmのものは全長9.6 mmとなるので，ここでは全長約10 mmをもって仔魚期の終りとした．なおこの関係式はすべてホルマリン漬標本の測定によったものである．

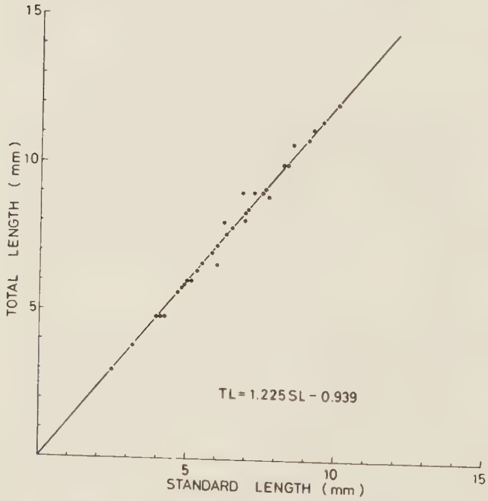


Fig. 3. 仔魚期マダイの標準体長と全長の関係
Relation of standard length and total length in larvae of *P. major*.

4-2 各漁法によって得られたマダイの体長，発育段階および生態

使用したそれぞれの漁具がどの発育段階のマダイを獲ったか，つまり各漁法のマダイに対する特性と限界を明らかにしておくことがまず必要と考える．マダイ採集数の最も多かった '77年を例として，サンプリングの開始時である4月下旬から6月上旬までの4回の調査において，各漁具ごとに得られたマダイの体長組成を比較した (Fig. 4)．

稚魚網　稚魚網では全長 4 mm前後にモードがあり，6 mm以上と 2～3 mm以下のものが急激に減少するという体長組成が時期にかかわらず得られている．

全長 6 mm以上のマダイの割合の急激な減少については二通りの説明が考えられる．これらの体長群でも自然減耗が大きく反映されているとするものと，他の一つは，これらの体長級ではネットに対する逃避能力が発達し，特に昼間採集ではその影響が大きいとするものである．それぞれの漁具の体長選択性は異なるから減耗の問題を直接検討することはできないが，少なくとも5月上旬以降については船びき網，底びき網による結果から，より体長の大きいマダイが湾内に存在することは確かである．また，来遊の終期とみなされる6月上旬では3種の漁具による漁獲尾数の相対的な変化から，より体長の大きいマダイの割合がそれ以前の時期よりもはるかに多くなっていることも確かである．それにもかかわらず稚魚網による体長はつねにほぼ同じであるということから，ここに示されている全長 6 mm以上のマダイの割合の急減は減耗の状態を示しているとは解し難い．これらの体長級では稚魚網を逃避する個体の割合が増大すると解釈する方が妥当と思われる．

'76年に稚魚網により得られたマダイの体長 (Fig. 5)

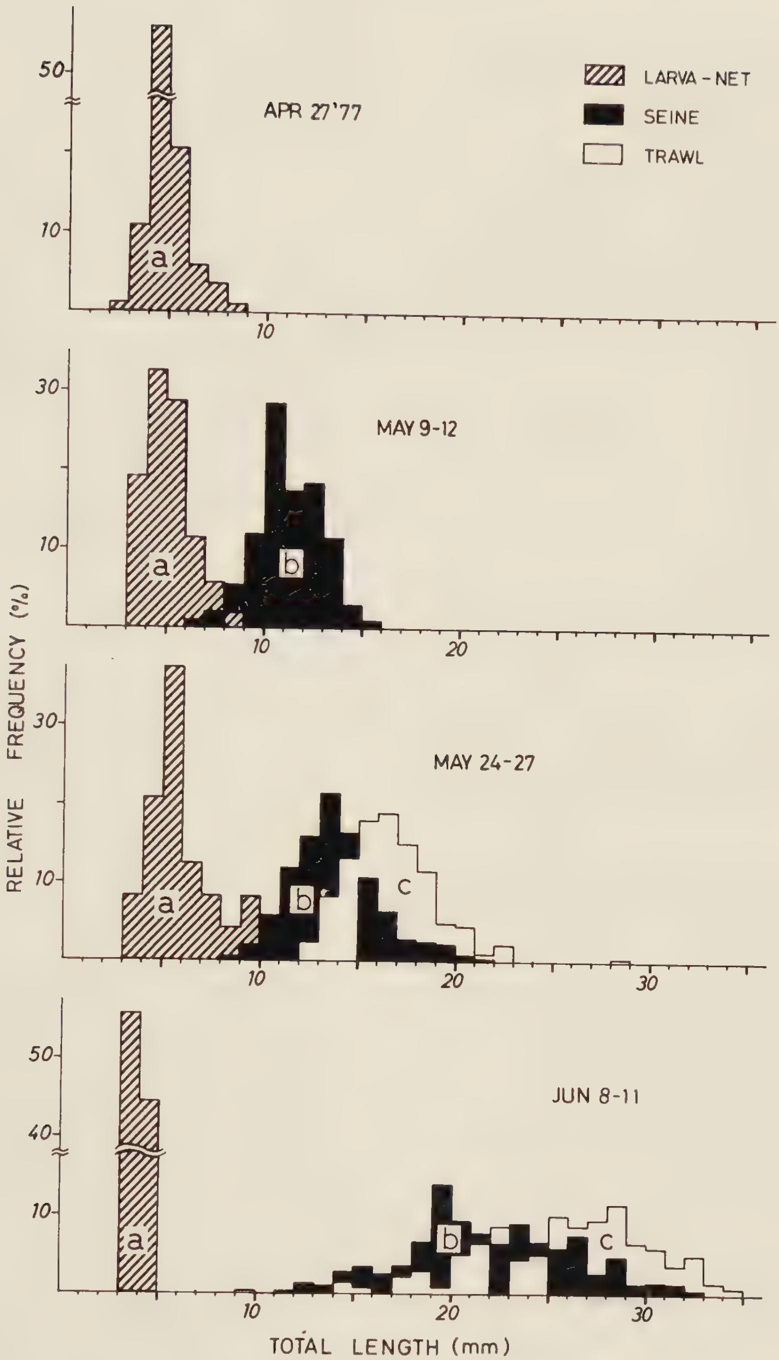


Fig. 4. 1977年における時期別，漁法別のマダイ仔魚，稚魚，幼魚の全長組成.
底びき網は5月上旬以前は行われていない．4月下旬には船びき網の操業は行われたがマダイは漁獲されなかった

Comparison of the length compositions of *P. major* between gears and between seasons. Trawl was not operated before May 24, and the fish was not caught by seine in April 27, in spite of its operation.

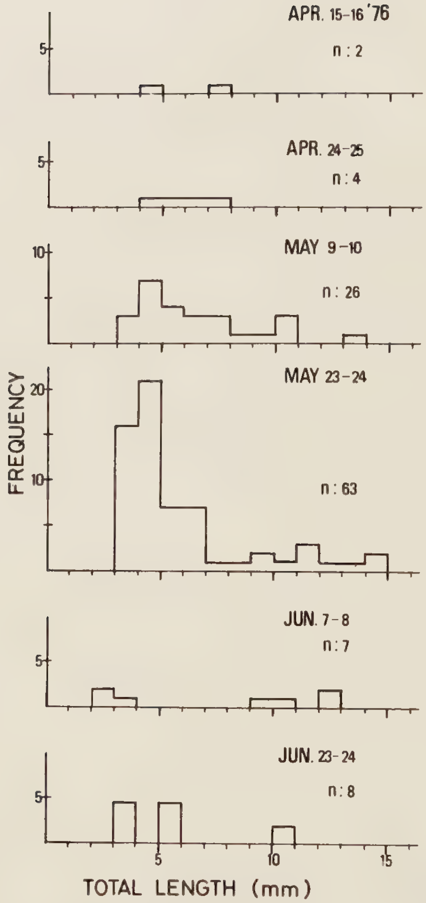


Fig. 5. 1976年に稚魚網により採集されたマダイの時期別全長頻度分布
Length frequency distribution of *P. major* caught by larva net in 1976.

を'77年のそれ（Fig. 4）と比較すると，'76年の方に体長の大きい個体の割合が若干多い．'77年ではまったく獲れていない全長10mm以上のものが'76年には少数ながら得られており，最大全長は14mm台となっている．両年とも同じネットを用いた3層傾斜階段びきではあるが，'76年には最深層が海底直近に達するようにえい網した．そのためネットの下降時に着底して泥が入ったり，海底付近に分布密度の大きいクラゲの入網が多く，えい網をやり直す等の事故も少なくなかった．'77年にはこの種の不都合を避けるために網の到達水深が現場水深の約2/3となるようにひき綱の長さを調節した．その他の条件は両年ともまったく同じであったから，得られたマダイの体長の差の原因はえい網水深以外には考えられない．このことは全長10 mmを超えるマダイは，少なくとも昼間はかなり深い層に分布しており，しかもなお浮遊生活期にあることを暗示している．ここで用いた稚魚期のマダイに対する選択幅の上限は15 mm前後としてよいと思われる．

この稚魚網の網目幅は0.5 mmで，単純に計算すると斜辺の長さは約0.7mmとなる．体長の小さいマダイについて全長と体高の関係を明らかにするため，今回得られた標本の中から全長2.7mmから20.6mmの範囲のマダイ186個体について両者の関係を求めた（Fig. 6）．この関係から，網目の斜辺0.7mmと等しい体高を有するマダイの全長は約3.0 mmとなる．したがって，この体長以下のマダイについては網目からの逸出の可能性がある．このように，稚魚網によるマダイの体長の下限をもって来遊時の体長の下限とはみなし難いので，来遊時の体長の下限は全長3 mm前後またはそれ以下ということになる．

底びき網　底びき網の場合は稚魚網とは逆に，底層に分布するマダイを選択的に漁獲したとして差しつかえないと思われる．この網によるマダイの全長組成（Fig. 4）をみると最小全長は約12 mmで，15 mm未満のものの割合は少ない．使用したカバーネットはクレモナ綟網180目で，網目幅と網目斜辺の実測結果（Fig. 7-B）から網目斜辺の最大値は約3.3 mmとなる．体高3.3 mmのマダイの全長はFig. 6から約12 mmとなり，これ以下の体長のマダイについては網目からの逸出の可能性がある．したがって，ここではマダイが底層付近に分布するようになる最小全長は12 mm前後またはそれ以下という推定ができる．12 mm以上のマダイの網目からの逸出は考えにくいのに，漁獲されたマダイの中で15 mm未満のものの割合が少ないことはこの体長区間のマダイがまだ底層に多くは分布していないことを暗示している．

船びき網　船びき網によるマダイの全長組成から，この漁具に関しては全長10 mm以下のマダイに対しては網目の選択性が働いていることが予想される．底びき網のカバーネットについて行ったと同様の推定を，この網の袋網の網目の実測値（Fig. 7-A）と全長・体高関係（Fig. 6）について行ってみた結果もこの点を裏付けている．しかし，10 mm以上の全長のマダイに対して

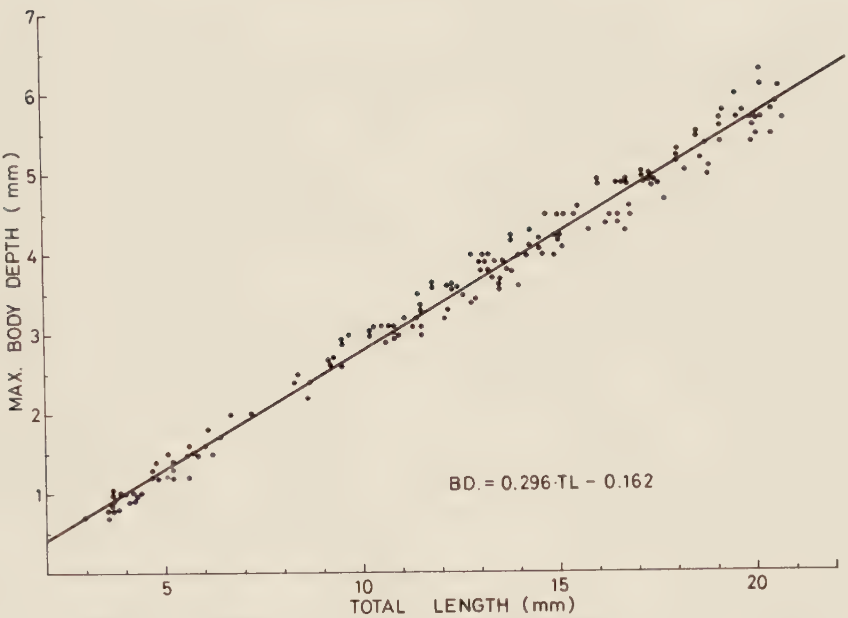


Fig. 6. 仔・稚魚期におけるマダイの全長と最大体高の関係
Relation of total length and maximum body depth in larvae and juveniles of *P. major*.

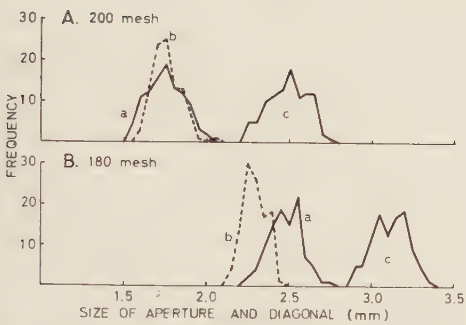


Fig. 7. 船びき網袋網(**A**)と底びき網カバーネット(**B**)の網目幅実測結果
a, 網目の縦；**b**, 横；**c**, 斜辺の各々の長さ
Measurements of mesh apertures in 200 mesh minnow net for seine (**A**) and in 180 mesh minnow net for the cover net of trawl (**B**).
a, weft to weft; **b**, warp to warp; **c**, diagonal.

は特に著しい選択性はないようで，浮遊生活期，底生生活期のマダイを含めて漁獲すると考えてよいようである．したがって，Fig. 4 に示された船びき網，底びき網による全長モードの時期的推移はマダイの成長を示すものと解される．

4-3 浮遊期仔魚の油谷湾への来遊—稚魚網による採集結果から

油谷湾に来遊するマダイを最初に採集するのは稚魚網であるから，湾への来遊の経過を検討するに当っては，まず稚魚網による採集結果を用いた．各年の調査時期別のマダイ仔魚の採集尾数（Table 1）および調査時期別のマダイ採集尾数の分布状況（Fig. 8）から，湾内へのマダイ来遊について考察する．

1） 湾への来遊の経過

Table 1. 稚魚網によるマダイ仔・稚魚の時期別採集尾数．各えい網をろ水量1000m³として換算
Numbers of larvae of *P. major* caught by larva-net by season and by year. Each tow was standardized to 1000m³ of water filtered.

Year	Number of stations occupied	Mid April	Late April	Early May	Late May	Early June	Late June
1975	25 (All stations)	—	5.0	22.6*	47.7	10.0	—
1976	25 (All stations)	5.0	13.4	55.4	115.6	17.5	25.8
	12 (Stn. A-L)	0	2.4	48.5	90.3	12.8	16.1
1977	12 (All station, Stn. A-L)	—	269.0	646.7	91.5	26.7	—

＊19点のみ　19 stations only

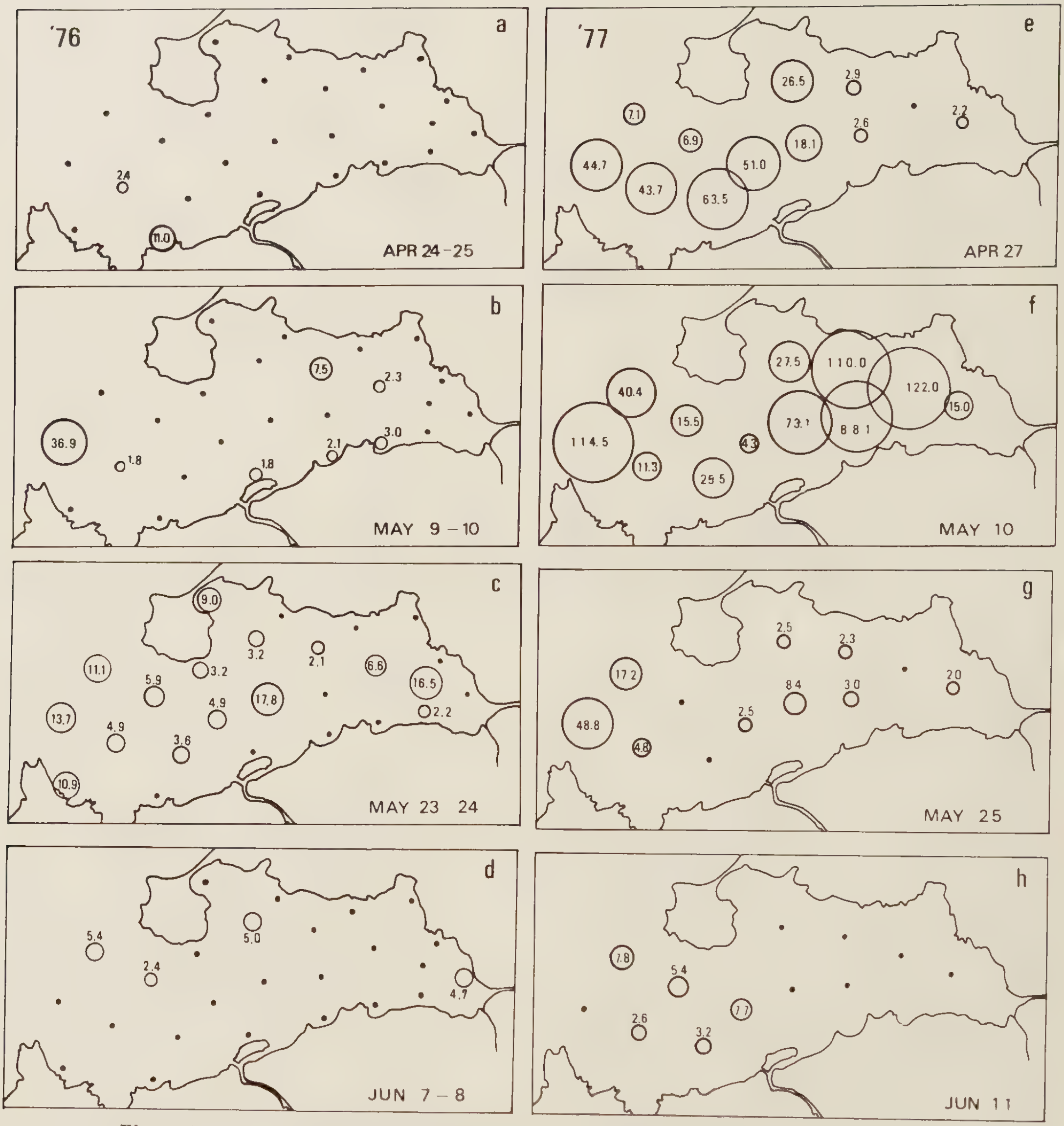


Fig. 8. 1976, '77年の稚魚網による時期別，定点別マダイ採集尾数 ろ水量1,000m³当りに換算
Distribution of the larvae of *P. major* in 1976 and 1977. Numerals indicate the standardized number oflarvae per 1,000m³ of water filtered by larva-net.

油谷湾へのマダイの来遊は4月下旬，年によってはそれより若干早めに始まり，6月下旬頃あるいはそれ以降まで続く，'77年7月下旬に船びき網によって全長12.3mmの稚魚が1尾得られていることからも，マダイの来遊はその後かなり遅い時期まで細々と続くものと思われる。来遊の盛期は'75，'76の両年は5月下旬，'77年は5月上旬であった。この結果からみるかぎりは，マダイの来遊は毎年ただ1回のピークをもつようにもみえるが，それと断定するには調査の時間間隔が充分密でない。

各年とも来遊初期には湾口部のみにマダイ仔・稚魚の分布がみられ，その後時間の経過とともにこのマダイ群が湾内に入ってくる．湾口付近の相対的に高い密度での分布はその後もひき続き観察される．湾口を横断する2点より外海側には調査点を設けていなかったので，湾口部を含む沿岸域一帯に分布密度が高いものかどうかは明らかでない．

2）湾口到着時の体長の上限

湾口付近で採集されたマダイと，湾内で採集されたものとの全長組成の比較を，'76，'77年のそれぞれの出現盛期について行った（Fig. 9）．すべてが10 mm以下のマダイによって占められている'77年では差は明瞭でないが，'76年には湾口付近では10 mm以上のマダイはほとんど得られていないのに対し，湾内の各点ではかなりの割合で得られている．このことから湾への来遊時の全長も10mm以上ではないと推察される．

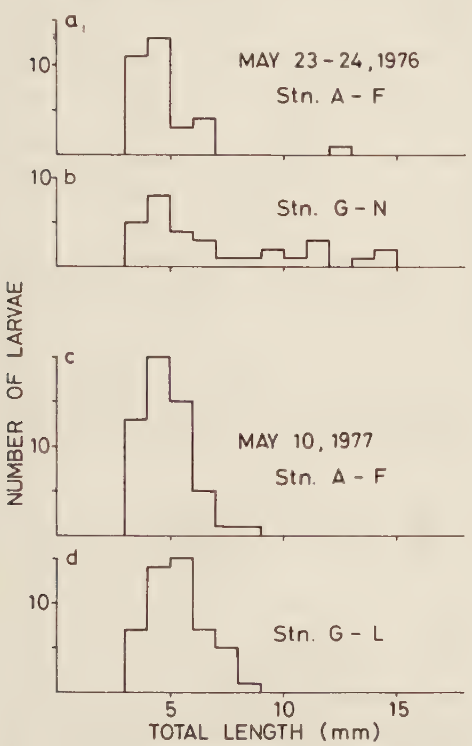


Fig. 9. 1976，'77年の来遊盛期における稚魚網によるマダイの全長組成の比較；湾口部（**Stn. A～F**）と湾内（**Stn. G～**）
Comparison of the length composition of *P. major* caught by larva-net between stations at-or near the entrance of the bay (**Stn. A-F**) and stations inside the bay (**Stn. G-**).

3）マダイ仔魚の高密度分布域

採集個体数の最も多かった'77年には，湾の中央部からやや奥よりのStn. H～Stn. Kに浮遊期仔魚の顕著な高密度分布域が観察された（Fig. 8）．'76年にはこの現象は特に明瞭ではないが，同年の船びき網による採集結果（後出 Fig. 12）では湾中央で特に大量のマダイ仔・稚魚が得られている．この高密度分布域の形成は，後述するように，船びき網による調査結果からも示唆されるので，例年形成されているものと想定されるが，来遊量の少ない年には現象的には不明瞭になるものと考える．

4）マダイ来遊量の年変動

マダイの湾内への来遊が後期仔魚期あるいはそれ以前に行われるという前述の推定が正しいとすれば，この発育段階ではその遊泳力は限られたものである（佐藤・他[8]，山下[9]）から，湾内への来遊は本質的には受動的なものであり，生息する水塊そのものの動きに大きく支配されると想像される．油谷湾における海水の流出，流入に関する試験結果[10]からすると，マダイの湾への来遊も湾への水の流入と同様，数日間を周期とする変化をしていることも考えられる．3ケ年の調査は半月おきのもので，調査時点がこの周期のどの部分を捉えるかによって量的な推定は大きく変わると思われる．しかし巨視的にみれば，稚魚網の採集量はマダイの来遊量を反映しており，その結果は3ケ年でかなり著しい変動を示し，しかもその変動の傾向は他の方法により観察された変動の傾向と一致していた．試みに，ごく平均的に各年の稚魚網によるマダイ採集数を比較してみると，'75年を1とした場合'76年は1.64，'77年は11.02となる．

4-4 湾内におけるマダイの分布・移動―船びき網による調査結果から

3ケ年の船びき網による時期別・定点別マダイ漁獲尾数をみると（Table 2），漁獲尾数には年によりかなり著しい変動がみられたが，最初にマダイがまとまって漁獲された時期はいずれの年も5月の上旬であって大きなずれはなかった．一方，漁獲尾数が最大を示した時期は'75年5月上旬，'76年6月上旬，'77年5月下旬と最大1ケ月のずれがあった．

1）分布・移動のパターン

湾内に来遊したマダイの分布と移動をみるために，

Table 2. 船びき網によるマダイ当歳魚の時期別，定点別１網当り魚獲尾数
Number of O-age fish of *P. major* caught by seine; by season and by station.

	Date ＼ Station	F—1	F—2	F—3	F—4	F—5	F—9	F—8	F—6	F—7
1975	Apr. 23—25	—	1	—	0	0	0	0	0	—
	May 4—6	—	24	—	33	74	—	56	0	0
	May 22—24	—	0	—	9	0	38	41	75	—
	Jun. 4—6	—	0	—	0	113	—	20	0	—
	Jun. 19—21	—	1	—	0	15	—	0	7	—
	Jul. 7—9	—	0	—	0	0	—	0	29	17
	Jul. 22—24	—	0	—	0	—	—	0	2	137
	Aug. 6—8	—	0	—	—	—	—	3	4	83
	Sep. 4—6	—	0	—	—	—	—	—	90	40
	Oct. 7—8	—	0	—	—	—	—	0	2	—
	Nov. 8—9	—	—	—	—	—	—	0	0	—
1976	Apr. 23—26	—	0	—	0	0	—	0	0	—
	May 9—11	—	155	—	179	108	9	50	21	—
	May 23—25	—	143	—	289	118	356	45	50	—
	Jun. 7—10	—	114	—	9	44	—	157	875	—
	Jun. 23—25	—	4	—	9	0	—	0	413	152
	Jul. 8—10	—	17	—	0	0	—	—	721	—
	Aug. 9—11	—	0	—	0	—	—	0	31	125
	Sep. 8—10	—	0	—	0	—	—	0	0	256
	Oct. 12—14	—	0	—	0	—	—	3	2	0
	Nov. 8—10	—	2	—	0	—	—	3	0	—
	Dec. 13—15	—	1	—	20	—	—	1	56	—
1977	Apr. 26—29	—	0	—	0	0	0	0	0	—
	May 9—12	30	11	117	1	1,770	5	1	4	—
	May 24—27	204	1,408	35	1,192	1,375	686	518	588	—
	Jun. 8—11	9	11	0	53	14	198	359	532	—
	Jun. 23—25	—	0	—	0	—	7	149	872	391
	Jul. 6—8	—	0	—	10	—	49	22	71	47
	Jul. 21—23	—	8	—	1	—	8	10	21	0
	Aug. 3—5	—	30	—	1	—	2	0	67	275
	Sep. 7—9	—	0	—	0	—	33	53	0	109
	Oct. 11—13	—	0	—	0	—	2	5	0	34
	Nov. 9—11	—	0	—	0	—	0	0	1	1

漁獲尾数の多かった '76, '77年について，各調査ごとに，総漁獲尾数に対する調査定点ごとの漁獲尾数の百分比をもとめて比較した（Fig. 10）．図では左から右へ，湾口側から奥側へ向かって調査定点（Fig. 2 中段）を配列してある．Fig. 10 によると，来遊以後のマダイの分布は決して均一なものではなく，毎年同じ時期にはほぼ同じ場所に分布の集中がみられるし，これは時間の経過とともに一定の傾向をもって変化する．すなわち，この期間の分布，移動にはきまったパターンがあることがうかがえる．

湾内来遊の初期の５月には，F-2（段），F-3（観音沖），F-4（浅グリ），F-5（道手），F-9（小田）の各定点，すなわち湾中央から湾奥にかけての諸点における比率が大きい．その後６月に入ると，マダイの分布の中心は F-6（竹島東）から F-7（畠島），F-8（丸山）にかけて移動し，顕著な集中分布を示したまま秋

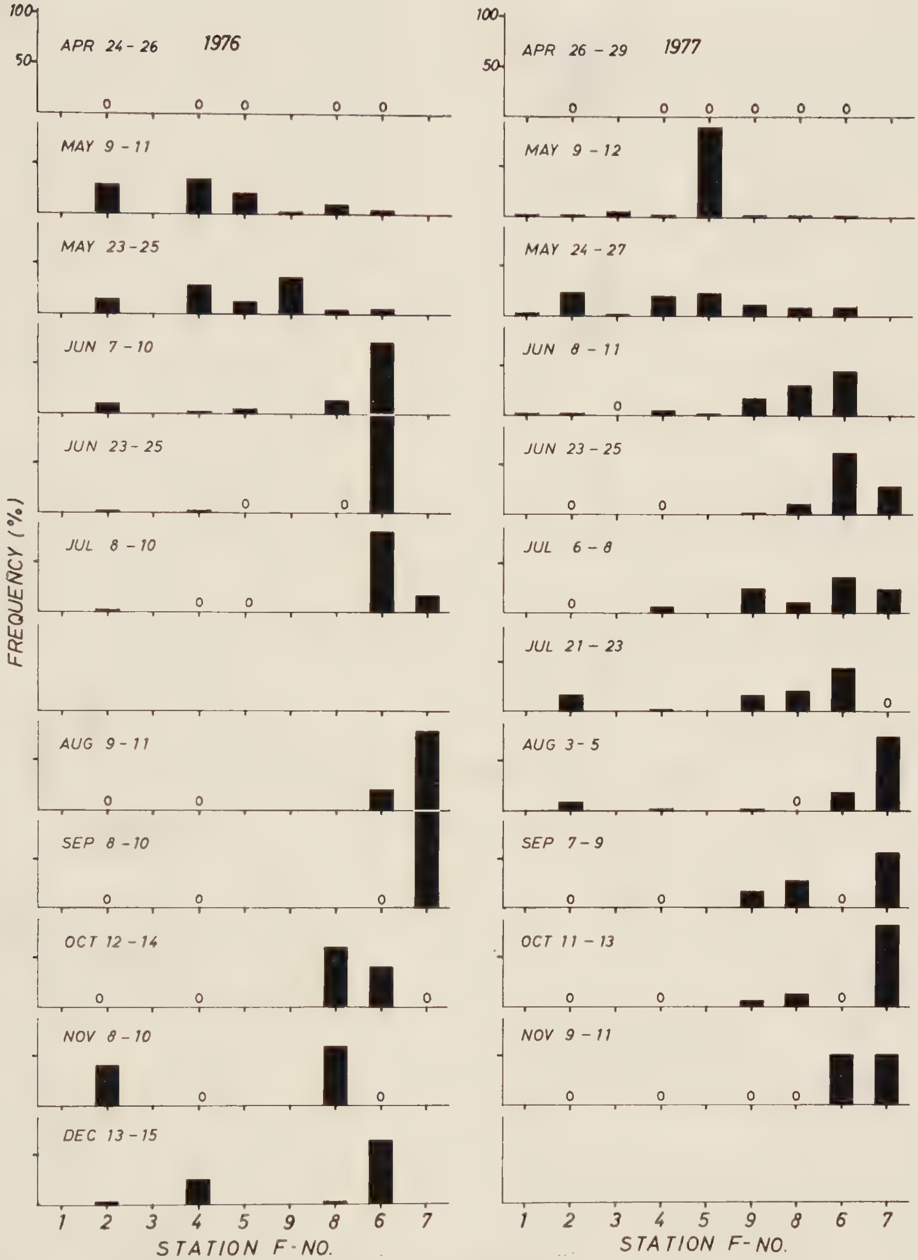


Fig. 10. 1976, '77年における船びき網によるマダイ漁獲尾数の各定点への配分率(%)の季節変化
各定点は左から右へ，湾口側から湾奥へと配列してある
Migration of *P. major* in the bay as is shown by the seasonal change in the allocations of catches by seine to each station in 1976 and 1977. Stations at the bottom are arranged from left to right in inward direction.

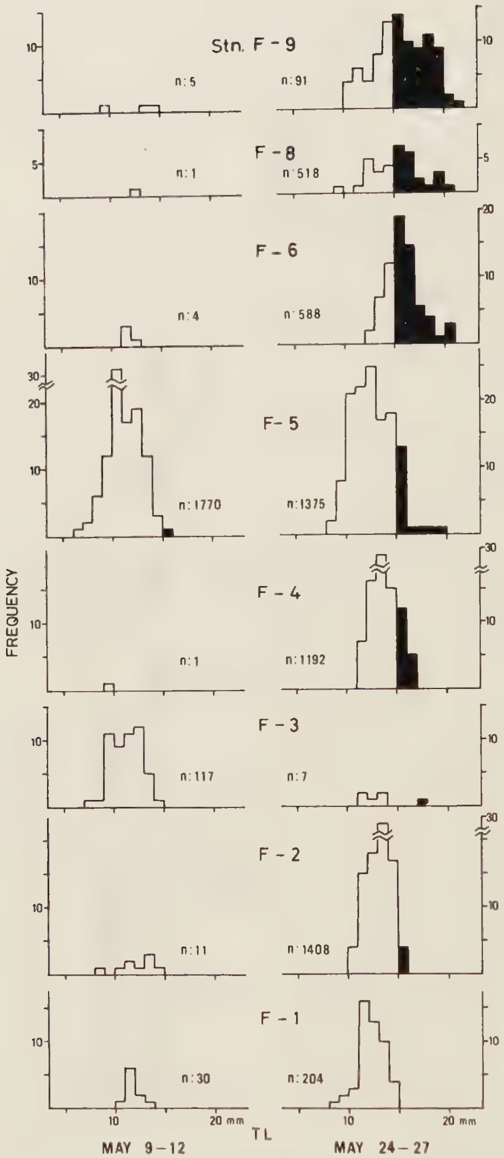


Fig. 11. 1977年5月上旬と同下旬に船びき網により漁獲されたマダイの 定点別 全長組成（一部頻度分布）定点は下から上へ，湾口側から湾奥の順で配列してある
Comparison of the length frequency distributions between stations in early May and late May, 1977. Stations are arranged in the way to show the inner the station is located in the bay, the upper the position in the graph is.

に至る．その後，9月頃からの逸散期にはこの分布の集中はくずれる．

2）浮遊期稚魚の高密度分布域

船びき網には浮遊，底生両期のマダイが漁獲されることはすでに述べた．したがって，来遊初期のマダイについて，船びき網による結果として示された湾中央から湾奥よりにかけての高密度分布の内容を吟味する必要がある．そこで，最も漁獲尾数の多かった '77年を例として来遊初期の5月上・下旬の船びき網によるマダイの全長組成を定点間で比較した（Fig. 11），5月上旬にはいずれの定点でもほとんどのマダイが全長15㎜以下であって，この時期には少なくとも船びき網の調査定点の範囲にはこれ以上の体長のマダイは存在しないことを示している．しかるに，5月下旬には，全長範囲は8㎜から20㎜ときわめて広くなる．そして全点を通じてみると，全長15㎜を境として，ほとんどがこれ以下の体長のマダイで占められている定点と，これ以上の体長のものが約半数またはそれ以上の割合である定点に明瞭に分かれている．前者は F-1 から F-5 までの湾中央部から やや奥よりにかけての各点で，

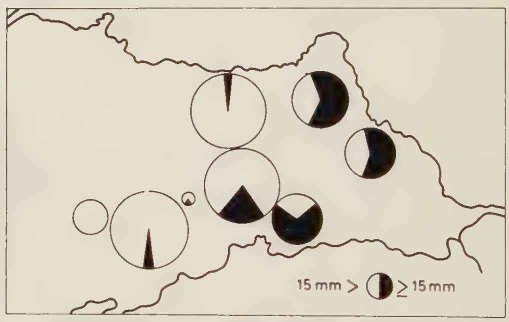


Fig. 12. 1977年5月下旬に船びき網により漁獲されたマダイの定点別漁獲尾数及び全長15㎜未満と15㎜以上の個体の割合
Numbers of the fish caught by seine at each station and composition of these by length; late May, 1977.

しかもこのうち，漁獲尾数そのものも多い F-2，F-4，F-5 は，稚魚網によるマダイ仔魚の採集尾数がとくに多かった各点（Fig. 8 f）と重なるかあるいはそれを取り囲む位置にある（Fig. 12）．このことは，この一帯には仔魚のみでなく，およそ 全長 15 ㎜までのマダイ仔稚魚もやはり高密度で分布していたことを示唆している．前述のとおり，全長 15 ㎜ 前後までのマダイは，稚魚網でもそのひき方によっては少数ながら採集される．したがって，この段階は浮遊生活期の最終部分を構成するものと考えられる．

全長15 ㎜以上のマダイの割合が大きい F-6，F-8，F-9 は湾の最奥部一帯にあたり，15㎜以下のマダイが

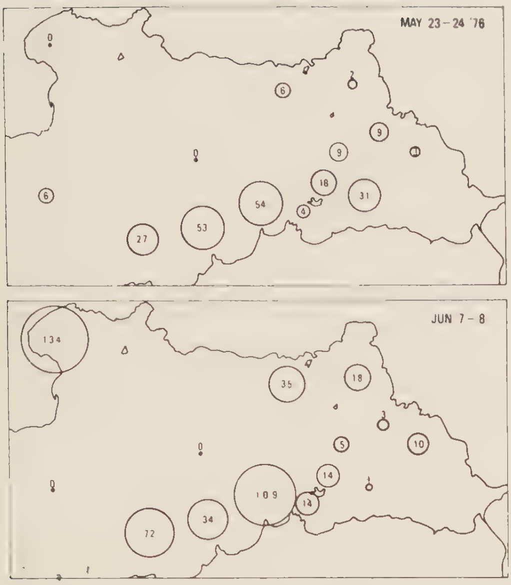


Fig. 13. 1976，'77年の５月と６月における底びき網による底生生活初期のマダイの定点別漁獲尾数
The distribution of *P. major* in their early demersal lives as is shown as the catch distribution by trawl in May and June, 1976 and 1977.

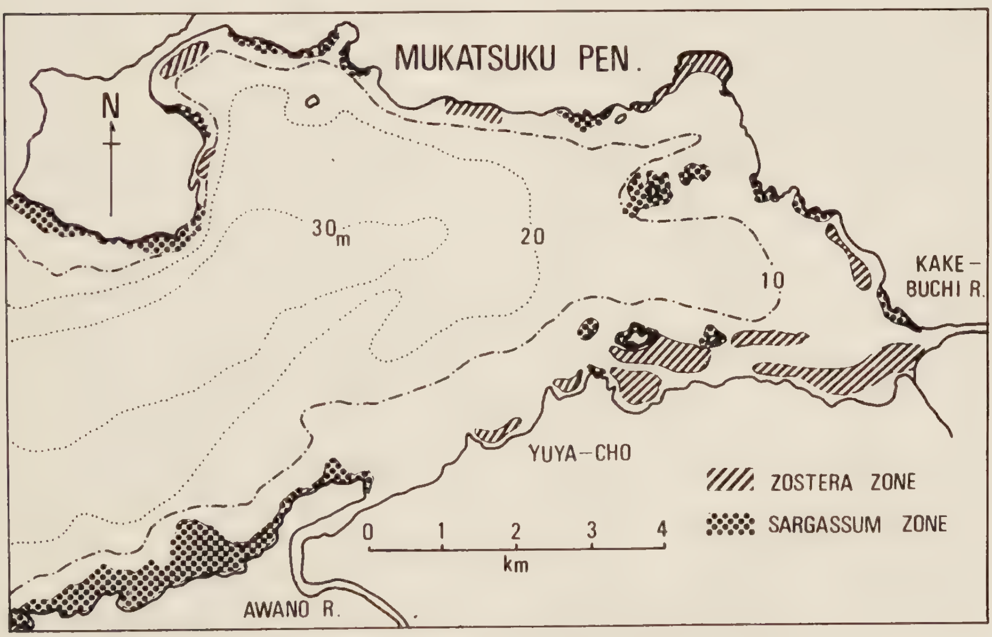


Fig. 14. 夏季における油谷湾内の藻場の分布状況　山口外海水試（1975）を著者と小島（西海区水産研究所下関支所）の潜水観察により一部修正
Distribution of submerged vegetations in the bay in the summer. Originally described by Yamaguchi Pref. Fish. Exp. Stn., and modified in this report basing on the underwater observations by the author and KOJIMA (Seikai Reg. Fish. Res. Lab.).

多い各点とは地理的にも離れている．これらのうちとくに漁獲尾数そのものも多い F-6，F-8 は，その後の底生生活に移ったマダイ幼魚の濃密分布域（後述）と一致する．

4-5 底生生活初期のマダイの分布—底びき網による調査結果から

底生生活期のマダイの分布については，船びき網による調査結果から一応の推定がなされたが，底びき網の方が定点数も多く，かつ広い範囲に定点を設定している（Fig. 2 下段）ので，あらためてこの方法により底生生活初期のマダイの分布をみることとした．

'76，'77の両年について，底びき網による底生生活初期のマダイの漁獲尾数を定点間で比較した（Fig. 13）．両年の間では湾北東部の T-9 での分布量等，若干の分布のずれもみられるが，全体的には以下の共通点がある．すなわち，この段階のマダイは湾の北部と湾中央部の T-8，T-10 での分布がきわめて少なく，湾の南部から最奥部にかけて集中的な分布を示す．

この底生生活期の濃密分布は湾内におけるアマモ場の分布との関連があるようにみえる．湾の北岸沿いは急深で T-9，T-12 付近を除き，アマモ場の発達はきわめて貧弱であるのに対し，湾の中央から奥部にかけての南岸沿いの浅所には，アマモ場がよく発達している（Fig. 14）．藻場で生産される豊かな動物群集を発育期のマダイが餌とする（大森[11]）ことに関連するものであろう．

5 論　　議

マダイの初期生態に関してはまだ不明の部分が多く，論議よりもむしろ具体的な観察事例の蓄積が優先されるべき段階と思われる．ここでは，油谷湾における観察例にもとづき，既往の知見と対比しつつ浮遊生活期から底生生活期にかけてのマダイの分布・移動の意味を考察することをもって論議に代えたい．

5-1 浮遊生活期における高密度分布の意味

湾の中央やや奥よりに仔稚魚の相対的高密度分布域が形成されるらしいことが稚魚網と船びき網両方の調査結果から推定された．両方の漁具による結果をあわせると，この場所に分布するマダイの全長範囲は，'77年の来遊盛期の5月下旬を例にとると，およそ3 mmから20 mmまでと幅広い（Fig. 4）．しかし，15 mm 以上の個体はごく僅かであって，全長10 mm未満の仔魚と，10 mmからおよそ15 mmまでの稚魚がこの高密度分布の主体である．

仔魚期と稚魚期では形態だけでなく生態的にも異質の段階と思われるから，同じ場所に高密度で分布する



Fig. 15. 油谷湾における推定流況（山口外海水試 1975）
Suggested flow pattern of residual current in Yuya Bay (Yamaguchi Pref. Fish. Exp. Stn., 1975).

とはいえ，これらがそこに分布することの意味はそれぞれ異なったものであろうと思われる．

1）仔魚期マダイの集積と湾内の流況

全長10 mm 未満の仔魚期のマダイはまだ遊泳力が充分発達しておらず,流れに対しても受動的な,いわゆる planktonic な生活をしているものと想像される．したがって，この段階のマダイの特定の場所での高密度分布は，むしろ“集積”とでも称されるべきものであろう．そして，この集積はまず流れの面からその必然性が説明されなければならないと思われる．

油谷湾でも潮汐流，風による吹送流を差し引いた後の恒流成分がある．これは湾口南側から流入し湾内を反時計まわりに2〜3cm/sec の速度で緩やかな環流を形成しつつ湾口北側から流出する[2,3,12]（Fig. 15)．

仔魚期のマダイはおそらくこの流れによって湾内に取り込まれ，湾の中央部に運ばれたものと想像される．この場所に運ばれたマダイのうち，ある部分はそのまま流れによって再び湾外へ運び出されるのであろうが，この時期にある程度の遊泳力を獲得したものは，流れに逆らってそのままこの緩流域にとどまり，これらが次第に蓄積される結果として高密度分布域が形成されるものであろう．しかし，仔魚期では，流れに抗するとはいっても生息域の主体的選択とか真の自律性の発現といった高次の生態的な反応ではなく，例えば走流性といった生理的な反射の次元で行動が形成されているのではなかろうかとも想像される．

2）浮遊生活期稚魚の遊泳能力

福原[7]は，水槽での飼育実験から標準体長8.0 mm（全長約10 mm）前後で形態的な変化とともに，遊泳力の増大,なわばり形成,遊泳層が中・下層に移ること，共喰い等の著しい生態，行動の変化が起こることを述べている．佐藤・他[8]は，12 cm/sec の流れに抗し得る時間を各体長のマダイについて求め，全長が9 mm以上から11 mm の間で遊泳力が著しく増大することを確かめた．この実験では，全長9 mm 未満のマダイではすべての個体がこの流れによって1分以内に流されてしまうが，10 mm 台では約半数，11 mm 以上ではすべての個体が5分間以上流れに抗した．これらの観察結果は，マダイについては全長10 mm 前後で遊泳力をはじめとする各種の運動能力が飛躍的に増大することを指摘している点で共通している．

3）浮遊生活期稚魚の高密度分布の意味

稚魚期に達したマダイは，上記の運動能力からすれば，既に流れの影響からは相対的に独立しており自ら遊泳できる能力を持っていると思われるのに，仔魚期の高密度分布域になおとどまっている．これは自らその環境を主体的に選択した結果と考えられ，マダイの生活における自律性の発現（田中[13]）と解釈できる．

底びき網の試験結果から明らかにされた底生生活期の集中的な分布域と浮遊期の高密度分布域とは重複しないが，両者の距離はせいぜい1〜2 kmしか離れていない．水温，塩分，透明度等の環境条件には，とくに稚魚期のマダイを，仔魚期からひき続く高密度分布域の中に“閉じ込め”ておく障壁となるような物理環境の不連続的な変化はみられないようである[3]．

5-2 底生生活への移行

1）浮遊生活期稚魚の垂直分布と集合性

全長10 mm以上の稚魚期のマダイについて，その分布層が少なくとも昼間は深いのではないかという推定が可能なことは，’76年の稚魚網によるマダイの体長と，’77年のそれとの比較からすでに述べた．また，底びき網により12 mm以上15 mm未満のマダイが少数ながら漁獲されることもこの推察を裏付けている．他にも，尾形・他[14]は稚魚網による層別分布調査の結果として，大型の“稚仔”は下層ほど多いし，浮遊生活期の“稚仔”に見られる若干の日周垂直移動は，体長の大きい個体に多いことを指摘している．飼育実験の結果として，福原[7]は標準体長8.0 mm以上，山下[9]は全長12mm以上ではそれ以下の体長と較べて水槽内における分布層が深くなる事を報告している．浮遊生活期の稚魚がその分布層を全体的に深めるのか，あるいは日周垂直移動を活発に行うようになるのか，両者いずれであるとしても，このことはこの生態期を後続する底生生活期への移行過程（田中[13]）として理解すべきことを示しているように考えられる．

底生移行後のマダイ幼稚魚は，昼間は群がりの状態で行動している[15]．浮遊稚魚期を底生生活への移行過程として捉えると，底生生活期のマダイの一つの主要な生態的側面である集合性が，この浮遊期稚魚の段階で形成される可能性も考えられる．この期のマダイの個体間関係についての直接的な観察例がないので，立ちいった考察はできないが，仔魚期に主として受動的に集積された結果としての高密度での分布が，次の段階の浮遊稚魚期における自律的な集合性の発現に好適

な機会を与えるという関係は予想されるところである.

2) 生活域の水平方向での移動を行う体長

既述のように，浮遊生活期稚魚の濃密分布域は底生生活期のそれとは離れている．当然後者への水平方向での移動が，ある段階で起こっているはずである．この移動の行われる全長を'77年5月下旬に船びき網により漁獲されたマダイの定点別全長組成（Fig. 11）から以下のように推定した．船びき網では全長10 mm以上のマダイについては漁具の選択性はないものと考えてよいことはすでに述べた．にもかかわらず，浮遊期稚魚の高密度分布域と想定された各点（F-1からF-5）では，全長14 mm以上のマダイの割合は急に減少しており，逆に底生生活期の集中分布域と一致する各点（F-6，F-8，F-9）では，全長10 mm以上から徐々に，そして15mm前後から急激にその割合が増大している．このことから，水平方向での移動は全長10 mmを超えた段階で徐々に始まるが，多くの個体は全長15 mm前後でかなり急激に移動を行うと考えられる．

全長15 mm以上に達したマダイの多くがもはや浮遊期の高密度分布域にとどまらないことは，船びき網による体長組成からも明らかであるし，この高密度分布域のほぼ中央にあたるStn. T-10で底びき網によってマダイがまったく漁獲されていないこともこれを支持する．以上考察したマダイの油谷湾来遊から底生生活初期に至る分布・移動を模式的に示した（Fig. 16）.

3) 底生生活期の集中分布域へ移動した後のマダイの生態

全長15 mm以上のマダイは，すでに幼魚期の集中分布域に移動を完了し，秋の逸散期に至るまで大きな移動は行わないと考えられる．この体長のマダイは夜間海底に接して眠る[15]ことからしても，基本的には底生生活期に入っていると言える．しかし，食性からみると，30ないし40 mm以下ではまだ浮遊生物にかなり依存する[11,13]から，少なくとも昼間は海底を離れた生活をすると想像される．吾智網の“おどし”に反応し，漁獲されはじめる体長が25ないし30 mmである[15]ことは，それ以下の体長のマダイが生態的に区別され得ることを暗示する．これらの観察は，全長30ないし40 mm以下のマダイはまだ完全に底生生活であるとは言えず，むしろ底生生活への移行過程にあることを示していると考える．

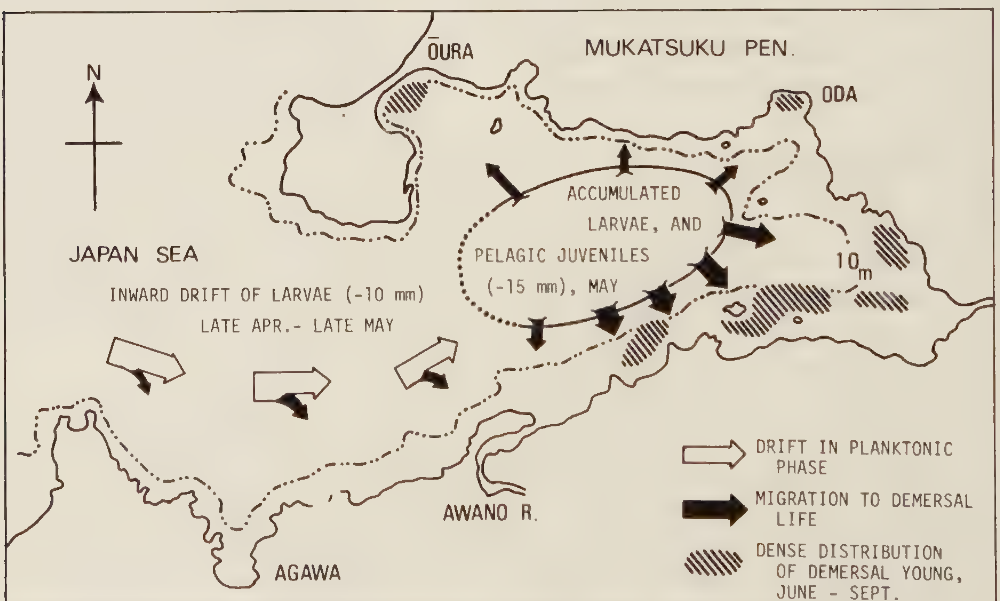


Fig. 16. 油谷湾におけるマダイの分布・移動模式図
A schematic representation of the migration of *P. major* in Yuya Bay.

5-3 総括 ―“底生生活移行過程” をどう捉えるか―

底生生活への移行過程は，生活空間の垂直的な移行をその主要な側面とし，これに水平的な生活域の移動という側面が不可分に結びついているという田中[13]の指摘は正しいと考える．そこで必要なのは，どの体長あるいは発育段階までをこの過程と捉えるかを明確にすることと，この過程のそれぞれの部分で，二つの側面のいずれが相対的により重要であるかを具体的に明らかにしていくことであろう．

全長10から 15 mm の間の稚魚は，仔魚期の高密度分布域にひき続きとどまってはいるが，分布層の深化，遊泳力の発達等，生態的には底生生活への移行期に含められるべきであろう．そして，既述のとおり全長15 mm前後で多くの個体はかなり急速に底生生活期の分布域へ移動する．しかし，この移動後も食性からみて，本格的な底生生活とは考え難い．これらのことから，稚魚期の初め，全長10 mm前後から全長30ないし40 mmまでを通して底生生活への移行期とするのが自然であるように思う．この移行期は，分布場所の相違から，全長 15 mm 前後を境として前・後の 2 期に区分し得ると考える．

このように生態期を定義したうえで，マダイの底生生活への移行過程を，生活空間の垂直・水平方向での移動との関連で整理すると以下のようになる．

底生生活への移行期の前半（全長10 mmから15 mm）では，おそらくこの期全体を通じて，分布層は徐々に深くなり日周垂直移動は活発になる． この 垂直方向 での，底に向かっての移動はその後，移行期の後半（15から30ないし40 mm）に至っても続く緩やかな過程ではないかと思われる．これに対し水平方向での移動は，移行期前期の終り頃，かなり急速に行われるものと思われる．

以上は油谷湾での観察を基礎に，既往の知見を大幅に加えて浮遊期から底生生活に至る間のマダイを“動き”の面から捉えた仮説である．本研究ではマダイの生活のいわば“形”の考察に終わり，生活の内容に関しての考察に乏しいといううらみがある．今後，有効な方法を開発して，最も重要なテーマであるこの期における減耗の実態を明らかにすることが望まれる．

謝　辞

本文中でも述べたとおり，本研究は西海区水産研究所下関支所をあげての共同研究の一部であった．研究項目を各自分担したうえで，さまざまの角度からマダイの生活の実態を考察するという過程を通じて，著者は三栖寛博士（現水産大学校教授）はじめ下関支所の諸氏に啓発されるところが大きかった．同じくマダイ特別研究に参加された西水研本所の志々伎グループの方々には種々の指導・助言をいただいたほか，各種未発表資料からマダイについての考え方を本報告の取まとめにあたり参考にさせていただいた．山口県大津郡油谷町掛渕漁業協同組合所属の漁業者の方々には現場調査にあたってお手数をおかけした．これらの方々に対し敬意と深謝の意を表する．

要　約

1．1975年から 3 年間，山口県油谷湾において，湾への来遊から底生生活初期に至る間のマダイの生態を調べた．材料を得るため，稚魚網，船びき網，底びき網の 3 種の方法を組合わせて用いた．

2．外海から湾へのマダイの来遊は 4 月下旬またはこれより若干早く始まり，5 月を盛期としてその後おそらくかなりの期間，細々と続くものと推定された．

3．湾口域に到達したマダイの大きさは全長10mm以下と推定された．これらのマダイは，おそらく流れによって，湾内に輸送される．そして，湾内の環流域に達した段階である程度の遊泳力を獲得した個体は，おそらく生理的な次元での反応として，緩い流れに逆らいこの場所にとどまる．その結果として，湾中央部からやや奥よりの水域に仔魚の高密度分布域が形成される……という一連の過程が推察され

た．

4．湾内の環流域にとどまったマダイ仔魚は，そこで成長を続け，形態的には稚魚期に達する．この期には遊泳力をはじめ各種運動能力が急激に発達するが，ただちにこの環流域（=仔魚期の高密度分布域）を去ることなく，多くの個体は全長15 mm前後に達するまでここに滞留する．この間，日周垂直移動等垂直方向での動きが活発になり底層にも分布するようになる．

5．5月下旬から6月にかけて全長15 mm前後に達した稚魚は，湾奥から南岸沿いの浅所，とくにアマモ場の周辺にかなり急速に移動し，ふたたび高密度分布域を形成する．この移動後もただちに完全な底生生活に入るのではなく，全長40 mm前後までは餌も浮遊性の動物にかなり依存する．

6．稚魚期に達し，仔魚期に主として受動的に形成された集積域にみずからとどまるという主体的な選択を行う全長10 mm前後から，完全に底生生物食に移行する30ないし40 mmまでの間を浮遊生活から底生生活への移行期と称すべきであると考える．そしてこの移行期は，全長15 mmを境として前・後の2期に区分される．

7．垂直方向での生活空間の移行は，この移行期全体を通じて緩やかに行われるものと想像される．これに対し，水平方向での生活域の移動はこの期の前半期の終り頃，かなり急激に行われるものと思われる．

文献

1）井上　尚文　1980：油谷湾の海底地形の概要と堆積物の分布．西水研研報，(54)，1-14．

2）水産庁　1975：水産環境，「特定地域（油谷湾）漁業振興および環境整備基本計画調査報告書」，23-169，．

3）俵　悟・大内　明　1980：油谷湾の海況および隣接海域の流況について．西水研研報，(54)，15-44．

4）福原　修　1969：マダイの卵発生と初期における形態の変異についての観察，水産増殖，**17**(2)，71-76．

5）庄島　洋一　1958：マダイの幼期．「日本産魚類の稚魚期の研究」（九州大学農学部水産学第2教室編），71-72，Pls. 72-73．

6）内田　恵太郎・道津　喜衛　1958：対馬暖流水域に現れる魚卵・稚魚概説．水産庁（編・発行）「対馬暖流開発調査報告書第2輯（卵・稚魚・プランクトン編），3-65．

7）福原　修　1976：マダイ稚仔魚の形態学的研究—I．鰭の形成について，南西水研研報，(9)，1-11．

8）佐藤　正明・伏見　徹・増村　和彦　1973：マダイの遊泳力．備後灘周辺漁場開発プロジェクトチーム（編・発行）「浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究」，266-270．

9）山下　金義　1963：マダイ養殖の基礎的研究-I．稚仔の行動について．水産増殖，**11**(4)，189-206，Pls. 1-4．

10）S. Tawara　1978: Transportation model of Japanese anchovy in Yuya Bay based on current pattern. *Jour. Shimonoseki Univ. Fish.*, **27**(1), 89-100.

11）大森　迪夫　1978：油谷湾におけるマダイ稚幼魚の食性について．漁業資源研究会議西日本底魚部会会議報告（昭．52年度），59-67．

12）第7管区海上保安部　1978：油谷湾内外の恒流パターン．第32回西日本海洋調査技術連絡会会議資料，1 p．

13）田中　克　1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当才魚の生産をめぐる問題点．漁業資源研究会議報，(20)，77-102．

14）尾形　哲男・他　1979：タイ類特別研究成果報告．漁業資源研究会議北日本底魚部会報（昭53年度），28-68．

15）畔田　正格・池本　麗子　1979：マダイ幼魚の日周期活動．第27回西海区水研ブロック底魚会議議事録，19-20．西海区水産研究所．

油谷湾におけるマダイ幼魚の分布

花渕　信夫

Distribution of Young of the Red Sea Bream, *Pagrus major*, in Yuya Bay

Nobuo HANABUCHI

The relation between habitat preference and distributional pattern of the red sea bream, *Pagrus major*, was studied during 1976 through 1978 in Yuya Bay, Yamaguchi Prefecture. The results were summarized as follows.

1) The fish migrate into the bay from the open sea in their early stages from late April and begin to settle to demersal life from May. In late August or early September, the young of the fish begin to migrate out of the bay, and the majority of the fish leave until November, leaving few fish in the bay during the winter season.

2) After settling to demersal life, the fish distribute mainly in the waters along the southern coast of the bay, and only little number are found in the northern part of the bay. Within the waters along the southern coast, the fish is more abundant to the east, or deep inside the bay.

3) The range of distribution of the fish in the bay is delineated by the depth contour of about 10m. The bottom sediments of the area are either fine sand or medium fine sand. Within the range, major habitat is formed around submerged vegetation situated in the depth of about five meters.

4) Pattern of distribution of the fish in the bay changes in accordance with the population density of the fish within the bay, and it is also affected by the presence of a competitor. A deviation of distribution from usual pattern was observed in 1976, and this was explained by the presence of a competitor, *Evynnis japonica*, another syarid fish, in high density.

5) Although the population size of the fish in the bay fluctuated year to year, similar values were observed with "mean clowding index" which indicate the state of clowding in respective location in the bay. This suggests a limit to the carrying capacity of the bay for this fish.

昭和54年12月29日受理（Received December 29, 1979）
西海区水産研究所業績 第366号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 366）

幼魚期のマダイ *Pagrus major* の成育場である沿岸域あるいは内湾における分布生態については，いわゆる“資源培養型漁業の創出”のための不可欠な基本的知見として，各水域で多くの調査が行われている．したがって，各水域におけるその定性的な特質は，かなり明らかになってきているということができる．

しかしながら，筆者の知り得る範囲では，成育場におけるマダイ幼魚の生息密度とその分布様式との相互関係などについて検討されているものは意外に少ない．

生物の個体群動態を考えるうえで，その分布様式の変動は生息密度の変化と相互に関連があり，それらは成長などの生物的諸特性の変動とも深くかかわり合いのあるものと考えられる．したがって，そのような観点から分布問題を論ずることは重要な意義をもっているものと思われる．

筆者は「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」（通称タイ類特研）において，山口県の日本海側に面した油谷湾を調査水域とする油谷湾グループの一員として，調査に参加する機会を得た．その結果，油谷湾におけるマダイ幼魚のすみ場の特性と分布様式について，若干の知見を得たので，ここにとりまとめて報告する．本報告はグループによる共同研究によって得られた資料を基礎にしており，その成果の一部をなすものである．

調査の推進にあたっては，西海区水産研究所下関支所の多くの方々に絶大な協力と援助をいただいた．また現地の掛渕漁業協同組合の各位には，全期間を通じて調査の便宜をはかっていただき，実際の作業でも苦楽を共にしていただいた．西海区水産研究所底魚資源部畔田正格第2研究室長には，終始さまざまの助言をいただいた．

本報告のとりまとめにあたっては，西海区水産研究所矢野　実下関支所長には貴重な助言をいただいた．また長崎大学松宮義晴助手には統計的取扱いについて御教示をいただいた．これらの各位に対して深謝の意を表する．

材 料 と 方 法

「タイ類特研」は，1975年～1977年の3年間実施され，ひきつづき1978年に同一の方法により補充調査が行われた．

マダイ幼稚仔魚の採取は，稚魚網，船びき網および小型底びき網によって行われたが，この報告では後述する理由で小型底びき網による夜間の調査資料を使用した．なお1975年の小型底びき網による調査は，予備調査的性格をもっており，この報告で取り扱った検討からは除外した．

先述の三種の調査用具によって採取されたマダイの発育段階は，森[1]が述べているように異なっている．ここで検討の対象とする底生生活移行後（着底後）のマダイは，船びき網と小型底びき網によって採集される．しかし，船びき網は漁具が巨大であるので操業は湾の地形によりかなり左右され，着底後の主生息域である岸よりの浅所での調査は困難である．その点小型底びき網の方が機動性がありすぐれている．

また，マダイ幼魚の昼夜による採取尾数には差がある．1975年6月上旬から7月下旬までの調査で採取された昼夜別の尾数比は1：5.3であった．そこで調査は昼夜の対照調査以外は夜間に実施した．この報告は夜間の資料について検討を行ったものである．

調査に用いられた小型底びき船と漁具は，湾内の掛渕漁業協同組合所属のものである．調査船は種々の事情で調査回ごとに異なったため，操業位置および漁獲能率には使用船による若干の差があるものと考えられるが，漁船の大きさ（約2トン，15馬力）や，漁具の大きさはほとんど変りがないのでその差は無視して扱かった．

使用漁具は張竹8 m，目合15節（約22mm，1部18節約18mm）の網に小型魚の逸出を防ぐために，魚捕部にクレモナ180径（網目約2.8mm）の「もじ網」をカバーネットとして装着して使用した．1回のひき網時間は10分間で，ひき網距離は約600 mである．採取した標本は10%のホルマリン液で固定し，実験室に持ち帰り分類，計測した．

調査定点は図1に示したが，このうち基本定点は，T—1よりT—14とし原則として毎回ひき網を行っ

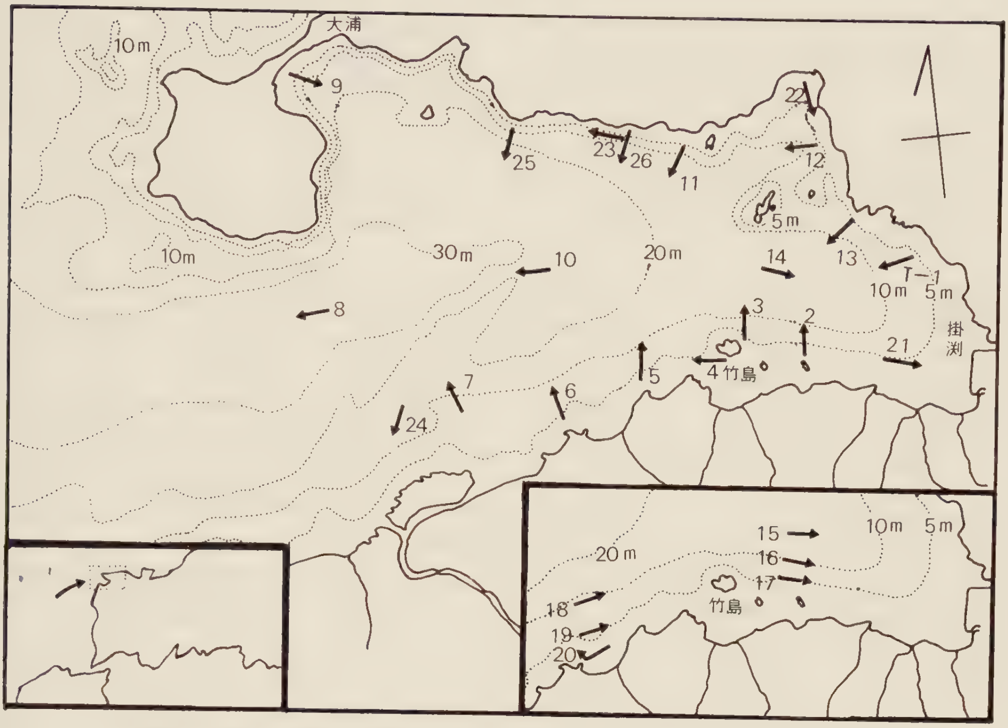


図 1. 小型底びき網による調査定点（T—1以外の定点はT—，を省略している）

た．この他に主として水深別の生息状況などを調査するために，T—15以下の補助定点を設定し必要に応じてひき網を行った．

調査は，1976年は4月下旬，5月下旬，および6月以降9月までは各月とも上・下旬の各2回実施し，10月以降は12月まで各月ほぼ中旬に1回行った．1977年は2月上旬，3月中旬および5月下旬に行い，6月以降は各月とも上・下旬の各2回の調査を9月まで行い，10月は中旬の1回のみであった．1978年は5月下旬および6月以降8月まで上・下旬の各2回と9月は上旬に調査を行った．調査に要した日数は各回ともおおむね2日間であった．

結　　　果

1. 底生生活移行後のすみ場の特性

外海の産卵場で産卵，ふ化したマダイは4月頃から逐次湾内に流れによって輸送される．そして浮遊生活を送り，全長15㎜前後に成長する頃から漸次底生生活への移行（着底）を行うものと考えられている[1,2]．そして図2に示すような，採取尾数の経時的変化から，全長90㎜前後に達する8月下旬〜9月上旬には，湾外への逸散を開始するものと推定される．

ここでは，主として底生生活への移行から逸散に至る時期の，湾内における分布状況と，それを通じて油谷湾におけるマダイのすみ場の特性について述べる．

1) 水平分布

図3に，1976年〜1978年の各定点における時期別採取尾数の分布を示した（1978年の5月下旬と6月上旬は，T—1〜T—7のみの調査を行っているので省略した）．分布状況の概略はつぎのとおりである．

5月下旬〜6月下旬　5月は外海からひきつづいて来遊している過程であるので，各定点での採取尾数はまだ多くはない．6月上旬になると生息場における集積も進み，生息密度が高くなる傾向がうかがえる．こ



図 3. 年別，調査回別マダイ幼魚採取尾数の分布（1978年の5月下旬，6月下旬は除外している—本文参照）



の期間T－8やT—10などの湾軸に沿った深みでは，採取尾数は0かまたはきわめて少ないことから，底生生活への移行がこれらの場所では行われていないことを示唆している．また湾の南北を比較すると，南岸に多く北岸に少ないという分布状況がみられる．しかし北岸のうちでも，大浦地先では他と比べて多いのが目立っている．さらに1976年と1977年とでは，生息密度が高い南岸において，前者では竹島の西側の水域に多く分布し，後者の場合には竹島の東側の湾奥部に多く分布している傾向がみうけられる．

6月下旬～7月上旬　6月下旬には，大部分の定点においてはマダイの平均全長は30㎜を超え，湾外からの来遊は基本的に完了し，そのほとんどは底生生活に移行したものと考えられる．したがって，6月下旬には各定点とも生息密度は高くなっている．この時期以降マダイ幼魚は約 1㎜/日の成長率で直線的な成長を行う．1976年の6月下旬の採取尾数が極端に少ないのは，たまたま漁具が他と比べて軽く，網が海底から浮き気味だったためと考えられる．

先に述べた，南高北低の分布状況の型は基本的に変

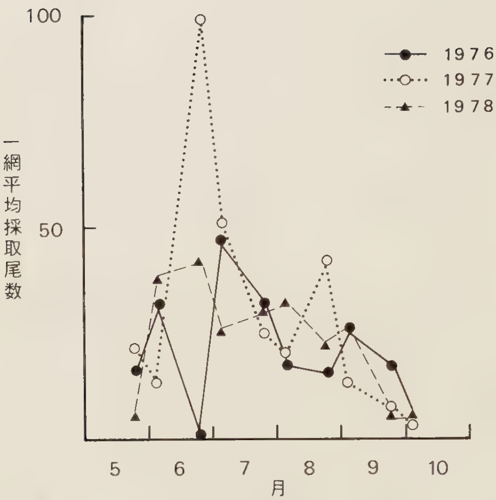


図 2. マダイ幼魚の年次別採取尾数の経時的推移

らない．1978年に北岸における分布状況を確認するために，T—25とT—26の2定点を設定して調べた．6月下旬にはT—26で多獲されたが，7月上旬には見うけられない．またT—10で6月下旬に他の年と異なり，いくらか多く採取されたが前の場合と同様に7月上旬には見られていない．また南岸域における1976年と1977年の分布状態の差異はひきつづいて見うけられる．しかし1977年と1978年との間では，そのような顕著な差はうかがえない．

7月下旬～8月下旬　分布の南高北低の型や，南岸域における1976年と他の年次との分布状態の差などは，この時期においても大きく変化はしていない．しかし8月下旬には，T—11，T—12，T—13，T—26などの北岸域や，T—14などの定点で，採取尾数の上昇がみられる．これはおそらく，これらの定点よりもさらに沿岸寄りに生息していたマダイが，成長にしたがってより沖側に生息域を拡大したためと思われる．そして全体としてこのころより湾外への逸散が開始されているものと推察される．

9月上旬～11月　9月上旬は8月下旬の傾向と大差はないが，下旬になると各定点の密度は急速に低下する．10月にはさらに低下し11月には大部分の定点でみられなくなる．9月下旬から11月までの期間では，T—1，T—4およびT—9などでは他の定点と比較して密度は若干高いことが目立っている．湾外への逸散は，T—8，T—10，T—14などで採取尾数は皆無か，あってもきわめて少ないこと，また湾内で操業している小型底びき網漁船の情報* から推定すると，おそらく沿岸ぞいにかなり急速に行われるものと推定される．

なお，冬季の湾内における生息状況は，1976年11月の図が示唆するように残留するものはきわめて少ないものと考えられる．

2) 水深別の分布

1977年の5月～8月の各下旬に，水深別の生息状況を調べるために，南岸域を中心におおむね等深線にそって，補助定点を設定して調査を行った．各定点で得られた結果を表1にまとめた．

5月下旬は1)で述べたように，来遊過程であり平均全長も小さく，採取尾数も少ないが，かなり岸ぞいまで分布していることがうかがえる．

6月下旬および7月下旬には，全体として浅いところほど平均全長が相対的に大きい．また採取尾数は水深5m前後のところが多い．さらに，同じような水深

表 1. 1977年の深度別調査による採取尾数（N），平均全長（TL，mm）および標準偏差（s）

調査時期 / 定点	5月下旬			6月下旬			7月下旬			8月下旬			水深 (m)
	N	TL	s	N	TL	s	N	TL	s	N	TL	s	
T—15	1	18.9	—	4	34.5	6.3	4	25.8	21.8	3	89.8	15.7	約13
16	4	15.8	0.2	16	34.8	6.4	34	52.7	11.7	4	94.8	12.2	〃10
17	54	16.2	1.6	202	34.8	6.9	120	59.4	8.1	99	88.1	10.8	〃 5
18	19	16.4	3.7	9	35.6	7.0	32	48.0	9.7	2	74.0	44.6	〃10
19	5	14.0	1.9	33	37.1	7.3	42	57.6	10.4	36	93.6	7.9	〃 5
20	4	19.2	1.0	13	41.3	6.5	25	65.5	8.3	15	88.8	13.1	〃 2
21	—	—	—	54	33.9	5.9	6	55.3	6.0	30	93.8	9.3	〃 3
22	—	—	—	87	38.1	4.8	35	59.8	5.4	46	84.3	9.4	〃 3

＊大森迪夫　1977：操業記録からみた油谷湾におけるマダイ幼魚の分布．西海区水研ブロック底魚会議資料．

帯でも湾奥部寄りの方が密度が高い傾向が見うけられる．

8月下旬では，前述の水深と採取尾数の関係は変りはないけれども，平均全長は7月下旬までとは異なり，T—15〜T—17の水域では10mの水深帯に，またT—18〜T—20の水域では5mにと，水深のやや深いところで若干大きくなっている．このことは成長の良い個体が生息域を拡大し，または移動をはじめていることを反映しているものと推察される．

以上底生生活移行後のマダイ幼魚の水平分布および水深別の分布について記述したが，この分布の様式をまとめると，湾内一円に均等に分布するのではないことがいえる．それは湾奥部東部寄りから南岸域にかけて，しかも10m以浅の岸寄りの水域が主要なすみ場であり，その中でも竹島周辺から湾奥部が重要なすみ場であるということができる．

このすみ場を底質[3]や水深および藻場の分布（図4）等の環境条件と対応させてみると，底質は中砂〜極細砂域であり，水深は10m以浅でしかも藻場の比較的発達している場所の周辺の，水深5m前後のところが好適なすみ場であるということができる．

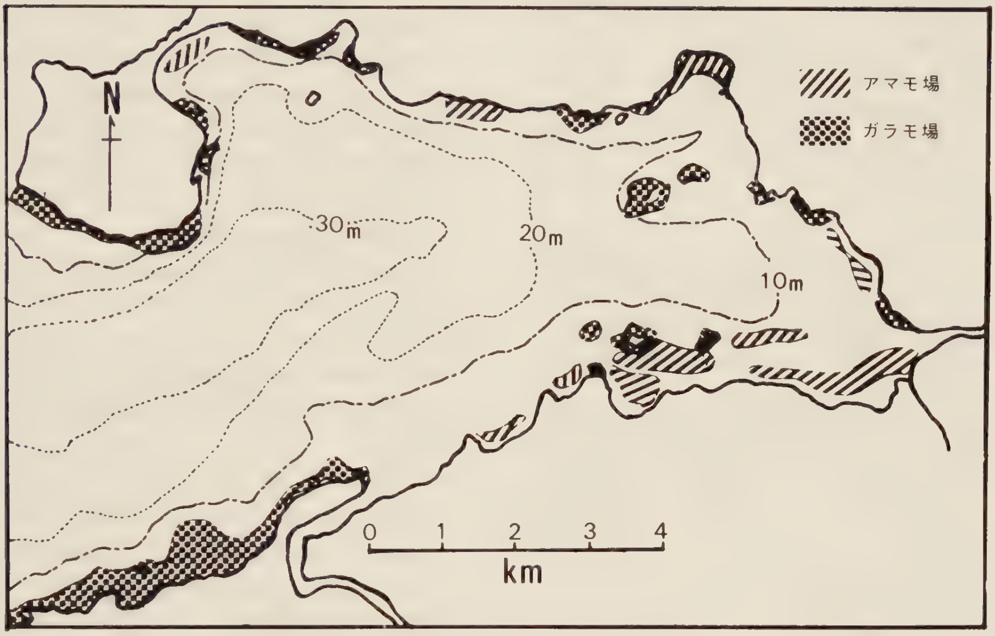


図 4.　油谷湾における藻場の分布（森[1]による）

北岸域で一般に生息密度が低いのは，地形的にみて岸深であり，また藻場の発達が貧弱で，上述のような特性をもつ場所が狭いことによるものと思われる．このことは，同じ北岸であっても入江状の地形であって，その奥部に藻場がある大浦地先では，比較的生息密度が高いことによっても裏付けされる．

2.　分布様式の特性とその年変動

油谷湾におけるマダイ幼魚の空間的な分布状態とすみ場の特性は上述のとおりである．しかし，水平分布のところで述べたように，その分布様式には年変動が認められた．そこで年変動とその要因を把握するために，分布様式の特性を定量的にとらえて比較し検討を行った．

その方法として，久野[4]の分布集中度指数($\widehat{C}_A$)と後述する分布重なり合い指数（r_o）を用いた．

1)　分布集中度の年変動

分布集中度の指標として Morishita[6] の I_δ 指数など，従来多くの指数が考案され使用されてきたが，久野[4]は，

$$\hat{C}_A = \frac{s^2 - x}{x^2 - s^2/n}$$

を提案している．ここでは，n は定点数，$\bar{x}$ は平均個体数（$=\sum_{i=1}^{n} x_i/n$），および s^2 はその分散である．そしてこの指数は，分布型の如何にかかわらずまた平均値に影響されない，分布集中度の指標となり得ることを証明している．

$\hat{C}_A$ はランダム分布の時は0，一様分布の時は負（下限は－1），そして集中分布では正の値をとり，集中性が大きい程高い値を示す．

以下の検討においては，マダイ幼魚の底生生活への移行から逸散開始にいたる期間を取扱った．そしてこの期間を，マダイの湾内への来遊状態と，大森[2]の指摘する成長過程と食性の変化の関係を考慮して，次の3期に区分した．すなわち，5月下旬～6月上旬をA期，6月下旬～7月上旬をB期，7月下旬～8月下旬をC期とした．

これらの期はそれぞれ，湾内へ来遊が引き続いておりまだ全体として底生生活への移行が完了していない時期，基本的には来遊が完了してマダイの大部分が底生生活に移行した時期，およびそれ以降から逸散を開始するまでの時期に対応する．

$\hat{C}_A$ および r_o 指数の計算にあたっては，年次別に期および定点ごとの採取尾数を調査回数で割った値（CPUE）を用いた．ただし，1976年6月下旬の資料

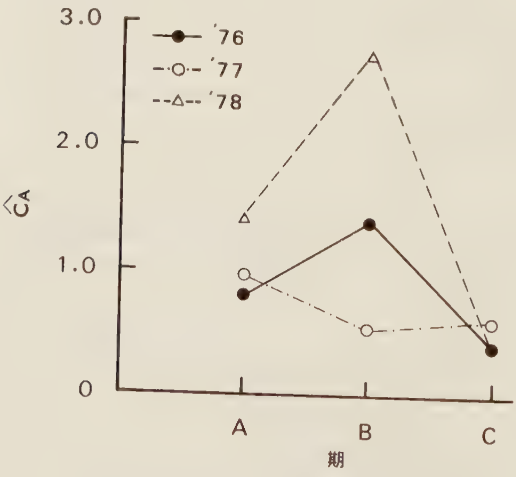


図 5．マダイ幼魚の年次別の分布集中度指数（$\hat{C}_A$）の期変動，A期：5月下旬～6月上旬，B期：6月下旬～7月上旬，C期：7月下旬～8月下旬

は，1の1）で述べた理由により除外し，同年7月上旬の値で代表させた．また検討の対称とした水域は，各年次，各期に共通なT－1～T－7の資料によって代表される南岸域とした．すでに述べたように，この水域は主分布域をカバーしている．求められた $\hat{C}_A$ 指数の変動は図5に示した．

A期は，来遊が引き続いている過程なので密度はまだ低いが，集中度の年変動も余り大きくはない．B期になると年次間の変動はかなり大きい．生息密度の高かった1977年は集中度は低い．このことは，マダイ幼魚が多い年は，いたるところで採取されるという知見を，指数として定量的に裏打ちしている．一方1976年と1978年との間では，生息密度の水準は同じ程度と推定されるが，集中度にはかなり大きい差がみられる．C期は，各年次ともほぼ似たような値を示しており，3年間に関する限りこの期の分布集中度は安定しているものと考えられる．

2）水平分布の様相の年変動

つぎに，1の水平分布の検討で認められたところの南岸域における分布状態の位置的な変動について検討した．

分布の相似性を定量的にあらわす指標として，前記の久野[4]は分布重なり合い指数 r_o を提案している．

ここで，

$$r_o = \Sigma xy / \sqrt{\Sigma x^2 \Sigma y^2}$$

x，y は比較すべきそれぞれの定点に見出されるマダイ幼魚の個体数である．r_o は0～1の間で変化し，二つの分布が完全に重ならないときは0であり，重なり合いの度合が増すほど高い値をとり，完全に重なり合うときは1となる指数である．$\bar{x}$ および $\bar{y}$ が10

表 2．年次内各期相互間の r_o 指数

年次＼期	A － B	B － C
1976	0.5810	0.5060
1977	0.8273	0.7557
1978	0.8518	0.8282

表 3．各期における年次間の r_o 指数

期＼年次	'76 － '77	'77 － '78	'76 － '78
A	0.5265	0.8808	0.4659
B	0.5393	0.5039	0.1473
C	0.7822	0.9560	0.8198

より大きい場合は，平均値の影響はほとんど考慮する必要はないとされている．求められた r_o の値を表2，3に示した．

まづ年次内の関係では，1976年はA－B期間，およびB－C期間とも相互の分布の重なり合い度は余り高くはない．一方他の年次においては各期相互間の重なり合い度はかなり高い．つまり1976年には，各期の水平的な分布の状態は，かなり差があったことがうかがえる．

年次間についてみると，年次内のそれとはまた異なった様相を示している．A期においては，1977年と1978年とでは相似性が高いが，1976年と他の年次とでは余り高くはない．B期では，先述の分布集中度の年次間の差とも関連して余り重なり合ってはいない．とくに1976年と1978年とでは重なり合い度はきわめて低いことが特徴である．C期では各年次間の重なり合い度は高く，1977年と1978年とではほとんど完全に近いことを示している．

以上，分布様式のいくつかの特性の年変動を $\hat{C}_A$ および r_o 指数により定量的に検討した．

この年変動は，概括的にはマダイ幼魚の資源量に関連して変動するようである．1977年と1978年の分布集中度や分布重なり合い度の変動，とくにB期の変動は，このことにより説明することができる．すなわち1977年は資源水準が高かったので，各定点相互間の生息密度の差は相対的に小さくなり，分布集中度は低くなった．一方，1978年は資源水準は低かったので，よりよいすみ場での生息密度は他と比べて相対的に高くなり，分布集中度が高くなったものと考える．そしてこのような水平的な分布状態のちがいが，分布重なり合い度を低くしたものと推定される．しかし資源量の水準が，1978年とあまり差は認められない1976年の分布様式の特異性は，このことだけでは説明しきれない．

3. 分布様式の年変動と近縁種との関係

最首[6]は，西日本の海域におけるマダイとその近縁種であるチダイ *Evynnis japonica* の，分布域をめぐる相互関係について述べている．

油谷湾においても，マダイが湾外から稚仔期に来遊し，湾内で成長，ふたたび湾外に逸散するまでの期間に，湾内に生息している近縁種はチダイである．

チダイは前年の秋に産卵，ふ化し，マダイと同様に油谷湾周辺に来遊する．湾内では秋から初冬にかけて，本調査でも採取されており，その大部分は湾口周辺部で越冬するものと推定される．そして春には湾内に移動し，夏から秋にかけて湾外に逸散する．1976年から1978年の間の小型底びき網調査による採取状況は図6のとおりである．チダイの来遊量には大きな年変動があり，1976年は資源の水準がきわめて高かったことがわかる．1976年におけるこの期間の両者の成長過

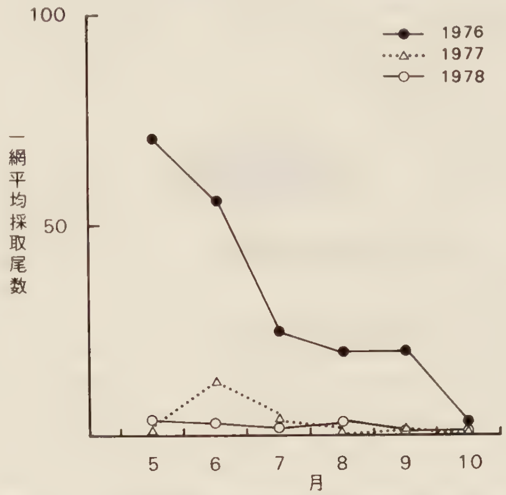


図 6．チダイ幼魚の年次別採取尾数（1網平均）の経月推移

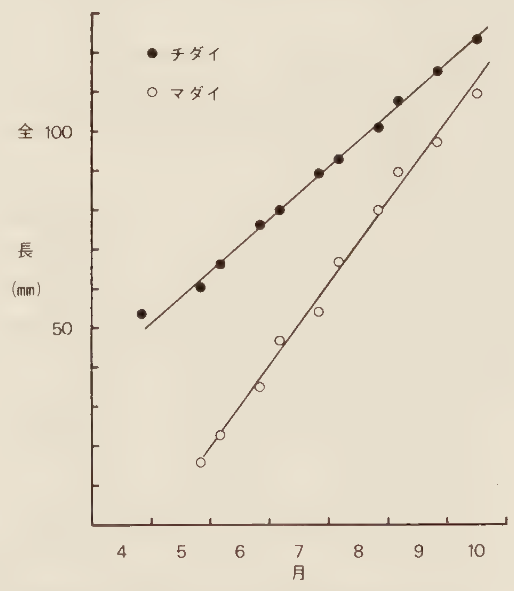


図 7．チダイ幼魚とマダイ幼魚の成長の推移（1976年）

程を図7に示した．マダイは，チダイより約半年遅れて発生するが成長は速く，8月すぎにはチダイとの差は少なくなる．

本調査によって採取されたチダイ幼魚の食性を調査して，鶴田ら* は餌生物は尾叉長60〜70㎜で浮遊性から底生性へと変化することを認めている．前者の場合には Copepoda が，後者では Gammaridae と *Caprella* がその大部分である．変化の時期は6月で，大森[2]のマダイの場合とわずかにずれるが，食性はきわめて良く類似している．

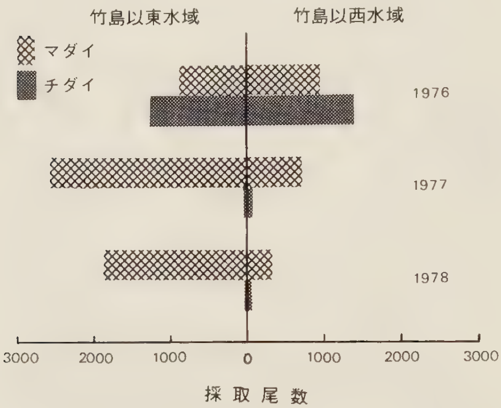


図 8．南岸域の竹島東・西の各水域におけるマダイ幼魚とチダイ幼魚の年別累積採取尾数（各年とも5月下旬〜8月下旬）

図8は，湾南岸域を竹島から奥部の水域（T—1〜T—4）と，湾口よりの水域（T—5〜T—7）に区分して，年次別に5月下旬から8月下旬までのマダイとチダイの採取尾数を，それぞれ合計して示したものである．

この図から，チダイとマダイのすみ場は，大きくみればかなり共通していること，チダイが1976年は他の年次に比較してきわだって多かったこと，およびマダイの分布状態が他の年と比較してきわめて異なっており，全体に対する湾奥部の比率が少なかったことなどを知ることができる．

そこで，1976年におけるチダイとマダイの分布様式について2と同様に，$\hat{C}_A$ 指数および r_o 指数によって検討してみた．

まず，マダイとチダイの $\hat{C}_A$ 指数を各調査回ごとに求めて，その相互関係を図9に示した．集中度に関する両者の関係は，相反的な関係にあることがわかる．

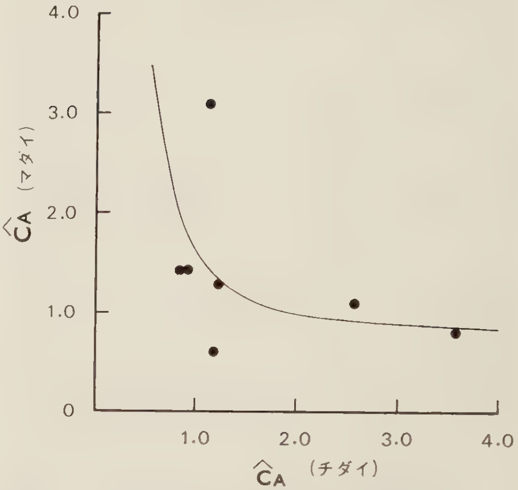


図 9．チダイ幼魚とマダイ幼魚の分布集中度指数（$\hat{C}_A$）の関係（1976年）

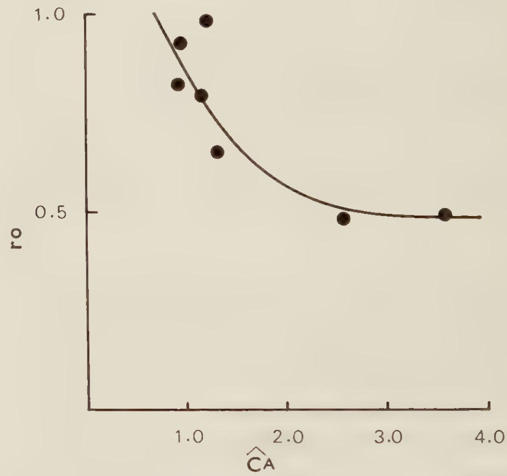


図 10．チダイ幼魚の分布集中度指数（$\hat{C}_A$）とマダイ幼魚とチダイ幼魚の分布重なり合い指数（r_o）の関係（1976年）

また，両者の r_o 指数とチダイの $\hat{C}_A$ 指数の関係を図10に示したが，チダイの集中度の増大につれて，両者の分布の重なり合い度はかなり急激に減少する傾向がみうけられる．

これらのことから次のようなことが考えられる．も

*鶴田新生・浜崎清一 1979：チダイ稚魚期の食性について．昭和54年度日本水産学会秋期大会，口頭発表．

しマダイとチダイに競合関係がないものとすれば，両者はそれぞれの種の特性による分布様式によって生活を展開し，同時分布をしていてもその相互関係は一定の傾向を示すことなく，おそらく不規則なものになるであろう．

小型底びき網による調査の，1回の掃海面積を単位とする水域においては，図8にみられたように，マダイとチダイは共存して同時分布をしているようにみえる．しかし，一つ一つの定点における相互の関係にもとづいて検討してみると，上述の結果が示すように，かなり明瞭な相反関係を認めることができた．このことは，両種の間に，すみ場をめぐる競合関係が存在しており，それを“すみ分け”という形で緩和あるいは回避する機構が存在していることを示唆している．

したがって，1976年においては，チダイの生息密度がきわだって高かったという条件のもとで，その個体数の圧力がこの年のマダイの分布様式に影響を及ぼしたものと考えられる．勿論逆にチダイの側からも同様なことがいえるかも知れない．この結果この年は，他の年に比較して，特異な分布様式を示したものと考えるのが妥当であろう．

論　　議

1）すみ場の特性に関する既往の知見との対比

立石[7]は，九州西海域でのマダイの生態について総述しているが，その中ですみ場の特性として「成育期の6～9月における，……分布量が多いのは，湾内あるいは遠浅の海域であるが，内湾や入江でも急深なところは少ない．成育場の環境は，内湾から外洋性の海域まで，底質も泥質から砂質，礫質，さらには岩礁と多様であるが，水深30m以浅で砂底質の広がりがある海域が，幼魚の好適な成育場としての重要な条件となっている」と述べている．

また猪子[8]は，瀬戸内海の芸予多島海におけるマダイ幼魚の生息場として，「岸寄りの場所で操業した場合に限り，集中的な漁獲をみた．……水深10～20mのなだらかな傾斜の浅海中間域が幼魚の住み場であり」とし，この水域の中東部の，瀬戸内海随一のアマモ場が分布しているところに，「底生期稚魚および幼魚の生息場所が多い」と述べている．

油谷湾の場合も，1で述べたように，これらの記述で特徴づけられるような場所をすみ場として，底質は砂質で藻場周辺の5m程度の水深を中心とする，10m以浅の場所が主生息域となっており，北岸の岸深で藻場の発達が貧弱なところは，分布量が相対的に少ないことが明らかになった．

底質との関係では，立石[8]は大村湾および伊万里湾では，「着底から湾外へ逸散するまでの，幼魚の発育段階別分布と底質の関係はきわめて密接である」としているが，油谷湾の場合，そのような関係は顕著には観察されなかった．底質とマダイの分布の関係について，矢野[9]は「単に理化学的環境としての意義よりも，底質を媒介としてベントスなど餌料生物の分布と密接な関係」のあることを指摘しているが，このことは志々伎湾グループ*によって，6月から8月にかけての底生生活期マダイの主生息場である志々伎湾奥部の食物連鎖関係を通じて，具体的に明らかにされている．油谷湾の場合は，調査体制の事情で餌料環境について調査することができなかったが，大森[2]の結果は同様な関係を示唆しているものと考える．

したがって，この研究で得られた底生生活初期から湾外への逸散を開始するまでの期間における，マダイ幼魚のすみ場の特性は，従来，各地で集積された知見と矛盾するものでなく，少なくとも内湾においては普遍的な意味をもつものということができる．

2）分布様式と個体数変動との関係

この報告では，5月下旬から8月下旬の期間におけるマダイ幼魚の分布様式について，不十分ながらその定量的特性をとらえて検討を試みた．そして，その分布集中度や水平的な分布状態の位置的相似性などについて，年変動がみとめられた．その変動は主としてマダイ幼魚の個体群密度の変動と，近縁種であるチダイ幼魚の個体群密度が関係していることを見いだした．

＊畔田正格・東幹夫　1978：志々伎湾におけるマダイ幼稚魚期の生態学的研究－XII．底生生活期マダイの生息場所の評価および環境収容力についての考察．昭和53年度日本水産学会春季大会，口頭発表．

だが，生物とその環境とのかかわり合いが，分布様式を規定するという観点に立つならば，生物的環境のみならず物理的環境との対応を検討しないのは，片手落ちのそしりをまぬがれない．しかしながら今の段階では，資料の整備が不十分である．したがってこの課題については今後の問題としておきたい．

分布様式の年変動と関連して興味深いのは，Lloyd[10]が提起した平均こみ合い度指数（$\overset{*}{m}$，標本調査の場合は$\overset{*}{x}$で表わすとされている[11]）の問題である．この指数と分布集中度指数 C_A との関係は，$\overset{*}{m}=m\ (1+C_A)$，$m$は平均個体数，であらわされる．平均こみ合い度指数は「区画あたり個体あたり平均他個体数」を示し，こみ合い度の妥当な指標とされている．

そこで．底生生活期である先述のB，C期をこみにして，年別，定点別の平均採取尾数をもとめて，$\hat{C}_A$，

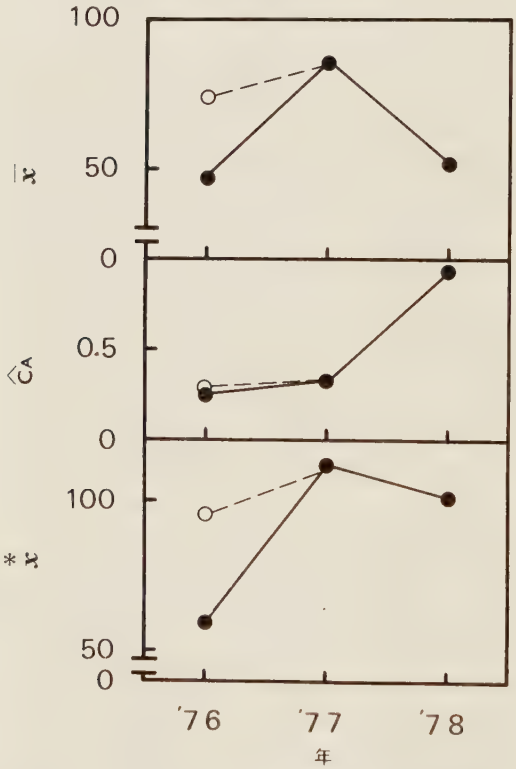


図 11．マダイ幼魚の平均生息密度（$\bar{x}$），分布集中度指数（$\hat{C}_A$）および平均こみ合い度指数（$\overset{*}{x}$）の年変動．○印はマダイ幼魚とチダイ幼魚を合計した場合を示す

平均生息密度 $\bar{x}$（$=\sum_{i=1}^{n} x_i°/n$）および$\overset{*}{x}$を計算して図図11に示した．1976年はマダイのみの場合とマダイとチダイを合計したものを示している． 他の年の場合は，チダイは0と考えて良い．

この図から，マダイだけについてみると，1977年と1978年は $\hat{C}_A$ は生息密度に反比例し，$\overset{*}{x}$は生息密度のちがいにもかかわらず近似した値を示すが，1976年は1978年と生息密度は同程度の水準なのに，異なる傾向を示している．しかしチダイとマダイを合計した場合は，その傾向は前者の場合とほぼ同様な傾向を示していることが指摘できる． 巌[11]は $\bar{x}$ と $\overset{*}{x}$ の回帰関係において，その回帰係数が1より小さい場合は場の収容力に限界があるものとしている．ここでは，回帰係数は1より小さい値を示す．

これらのことは，調査での1ひき網の掃海面積で示される単位空間においては，マダイの収容力はほぼ上限がきまっているらしいことを示し，またチダイのような競合種は収容力に関して，マダイと相補的関係にあることを示していると考える．ここでは資料が少ないので，このような検討をさらに深めるためには，精度が十分でないと考えられるので，詳しい考察は行わない．

しかし上述のことから，次のような作業仮説を考えることができる．すなわち，マダイ仔稚魚の外海からの来遊量は，それらを輸送する流れなどの要素も含めて，個々の成育場についていうならば，かなり偶然性に支配される可能性がある．一方マダイ幼魚の分布様式は，分布集中度や分布重なり合い度や平均こみあい度指数などの諸特性が示唆するように，それぞれの生育場の環境や収容力と資源量の水準との対応で決定されるようである．マダイ幼魚のすみ場の大きさは**1**）で述べたように，各種の要因によって規定される．であれば偶然性にかなり支配される来遊量との間で，収容力に関して対立―たとえば， 最首[6]のいうような“一過性の種内競争”を生ずる過程があり得るものと考えられる．

したがって，マダイの生活史の初期における個体群動態を解明する場合，冒頭にも述べたように，個体数変動の側面とその空間的存在様式すなわち分布様式の側面との関連を検討することは重要な課題であると考える．

要　約

油谷湾における，マダイ幼魚のすみ場と分布様式を検討した結果，次のように要約される．

1. 外海より4月下旬頃から来遊したマダイは，5月頃から底生生活に移行し，8月下旬～9月上旬頃に逸散を開始し，11月頃までにその大部分は湾外に逸散し，冬季にはほとんど生息しない．
2. この期間のマダイ幼魚の主な分布域は，湾の南岸域であり，北岸域には少ない．南岸域では，竹島より東側の湾奥部の方が，西側の水域より一般に多く生息している．
3. すみ場の特性は，底質は中砂～極細砂域であり，生息水深は主として10m以浅で，そのうちでも5m前後の藻場の周辺域が主要なすみ場となっている．
4. 分布様式は，マダイの生息密度の高低によって変動するが，1976年にみられた特異な分布様式は，近縁種であるチダイとの競合関係によって影響されたものと考えられる．
5. マダイ幼魚の資源量の年変動にもかかわらず，平均こみ合い度指数で示される単位空間あたりのむらがり度は近似した値を示す．このことはすみ場におけるマダイの収容力の限界を示唆するものと推察される．

文　献

1）森　慶一郎　1980：油谷湾における浮遊期，底生生活初期のマダイの生態．西水研研報，(54)，59-78.

2）大森迪夫　1980：油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性．西水研研報，(54)，93-109.

3）井上尚文　1980：油谷湾の海底地形と推積物の粒径分布．西水研研報，(54)，1-14.

4）久野英二　1968：水田における稲ウンカ・ヨコバイ類個体群の動態に関する研究．九州農試彙報，**14** (2)，131-246.

5）M. Morisita　1959：Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Facul. Sci., Kyushu Univ., Ser. E* (Biol.), **2**, 215-235.

6）最首光三　1977：ポピュレーションと種苗放流．「増殖技術の基礎と理論」(日本水産学会編)，20-31，恒星社厚生閣．東京．

7）立石　賢　1974：九州西海域におけるマダイの生態と標識放流について．ミチューリン生物学研究，**10** (2)，129-139.

8）猪子嘉生　1978：マダイ幼魚の漁獲状況．タイ類の生物学並びに資源培養技術に関する既往資料，南西海区ブロック会議タイ類技術部会（瀬戸内海・四国グループ)，33-40.

9）矢野　実　1978：理化学環境．同資料，21-23.

10）Lloyd, M.　1967：'Mean crowding.'. *J. Anim. Ecol.*, 36，1-30.（伊藤嘉昭・村井実　1977：動物生態学研究法（下巻）．から引用）.

11）巌　俊一　1969：分布集中度の回帰分析法．個体群生態学会報，(16)，1-16.

西水研研報 第54号. 昭和55年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 54. Mar. 1980

油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性

大　森　迪　夫

Feeding Habit of Yearling Red Sea Bream (*Pagrus major*) in Yuya Bay

Michio OMORI

Stomach contents investigation of yearling red sea bream (*Pagrus major*) was carried out in order to clarify the following things. Those are the relationship between the change in the composition of food and the change in life form with growth, and the relationship of the migration of the fish to the change in feeding habit with growth.

1) The red sea bream caught by funabiki seine showed the composition of stomach contents considerably different from them caught by small trawler, because of the predation within the net in the former case. It is concluded that the samples caught by the funabiki seine are not preferable to the purpose of stomach contents investigation. So, only the samples caught by trawlers were used thereafter.

2) The changes in main food organisms by the length of the fish were as follows. The fish took mainly copepods and appendicularians at the length of 20 to 30mm, and changed the main diet to caprellidean amphipods at the stage of about 30mm in total length. At around 70mm, the fish shifted to tubicolous gammaridean amphipods belonging to the family of Collophiidae. Finally, they began to feed on the relatively large benthic organisms such as polychaetes, macrurans, brachyurans and bittle stars at the length of 100mm.

3) Considering the change of food composition by the length in relation to the change in life form with growth, it is thought that the change in stomach contents composition at about 30 to 40mm in length indicates the change in feeding habit, accompanied by the shift of life form to demersal one, although it is not complete still. And, the change in food composition at 100mm in length seems to be relevant to the completion of morphological adaptation to demersal life. On the other hand, the change in food composition at about 70 to 80mm is caused by the changes both in the food condition and in the main distributional area.

4) The fish was distributed most densely in and around the area from Stn. 1 to Stn. 5. And the most dense *Zostera* belt in the bay was developed in the inshore re-

昭和54年12月27日受理 (Received December 27, 1979)
西海区水産研究所業績第364号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 364)

gion of Stn. 2 and Stn. 3. The existence of these *Zostera* belt is considered to affect the distributional pattern of the fish, that is, the fish is densely distributed to Stn. 2 and 3, and in that area they feed mainly caprellideans. After the disappearance of the *Zostera* belt, the fish migrated to the area around Stn. 1, and took the tubicolous gammaridean amphipods. Stn. 4 is located in the midst of the *Zostera* belt. The proportion of the fish inhabiting this area to the entire fish in the bay increased after the disappearance of the belt. This seems to suggest the migration resulting from the change of feeding habit at about 90 to 100mm in total length.

油谷湾は山口県北西部に位置し，湾口部の幅4km，奥ゆき10kmの小さな湾である．湾内では小型機船底びき網，船びき網，底刺網，小型定置網等の漁業が行われており，10m以浅の水域はマダイ当歳魚の生息場となっている[1]． 1975年から1977年に至る3ケ年の間，マダイ *Pagrus major* の初期生活の実態を明らかにする目的で，西海区水産研究所下関支所の研究者を中心とするメンバーにより，当湾を調査海域とする研究が行われた．この報告はそれら一連の研究の一部分を構成するものである．

マダイ幼魚の食性についてはこれまでに数多くの報告が見られる[2-9]．しかし，それらの報告を見ると，調査海域によりその食物組成は大きく異なり，マダイ幼魚の食物摂取に関した形態的，生態的適応の幅の広さが推測される．

食物を摂取するということは生物の生活の様々な側面とかかわりあいを有するものと考えられ，食生活を明らかにしてゆくということは生活の実態を解明してゆく上での重要な鍵である．ここではまず，マダイ当歳魚の体長による食物組成の変化を，形態的変化から推測される生活型の変化との関連で解析する．さらに，油谷湾における環境条件の異なる諸水域でのマダイ当歳魚の食物組成の特色と分布・回遊との関連を解析し，湾内各水域の食物摂取の場としての役割を評価してゆく．

本報告の御校閲をいただいた西海区水産研究所下関支所長矢野　実氏，さらに英文要約の校閲をいただいた下関支所森　慶一郎氏に心より感謝します．

材料及び方法

マダイ当歳魚の採集は1975年から1977年に至る各年の4月下旬から10月下旬に至る期間，毎月1～2回，船びき網及び小型機船底びき網により行われた．このうち1976年の採集物については胃内容物の保存上のミスから目的とする胃内容物調査を実施しえなかった．船びき網の袋網は目合約1.7mmの綟網で，開口部の幅は約10mであり，1時間のひき網を行った．その調査ひき網定線は図1に示す．

小型機船底びき網は総トン数約2トン以下の漁船により操業され，約8mの張竹で網口を拡げる形式の，魚捕部の目合14節（約1cm）の網であるが，網目をぬける魚を採集するためにクレモナ綟網180目（2.8mm）のカバーネットを取付けた．ひき網時間は10分，約600mである．採集定線（図2）は，1975年は Stn. 1～12と5’ の13定線，1977年は Stn. 1～24の24定線であった．現場で10%ホルマリン溶液で固定したマダイ幼魚を実験室に持ち帰り，全長，体重，胃内容物重量の計量，計測，胃内から出現した食物生物の種類ごとの個体数の計数を行った．また，消化程度の進んでいない食物生物については体の長さと体幅を万能投影器で拡大して計測した．

結果および考察

採集方法による胃内容物組成の違い

自然界から生物を採集するにあたり，種々の方法が考えられるが，それぞれの採集方法で採集されたサンプルは採集方法の特性に応じた母集団からのずれが表



図 1. 船びき網の調査ひき網定線

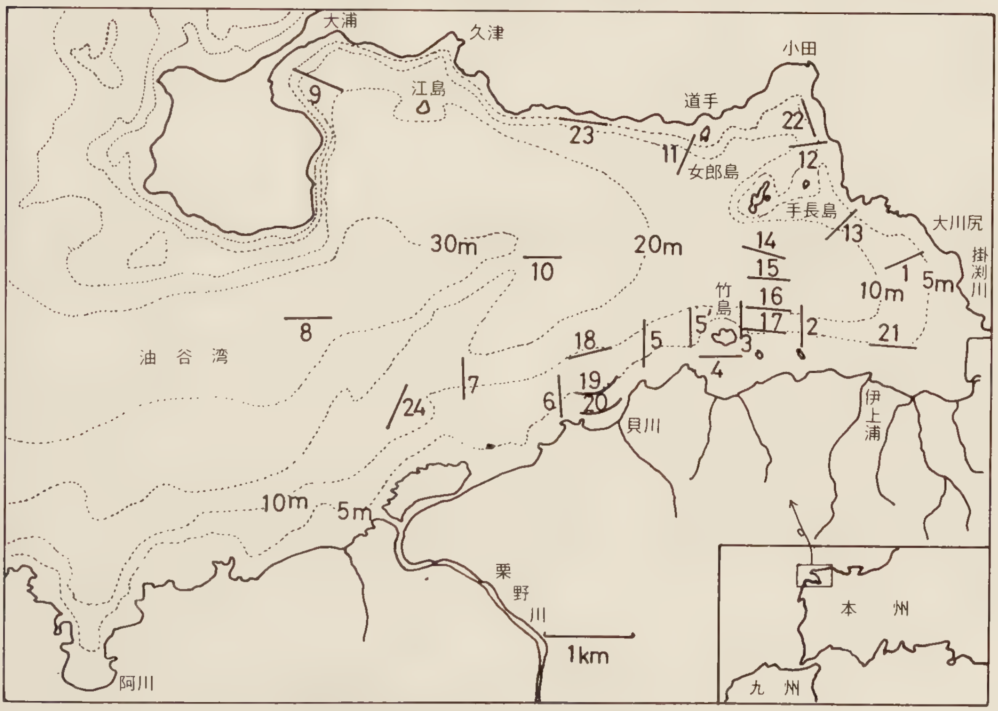


図 2. 小型底びき網の調査ひき網定線

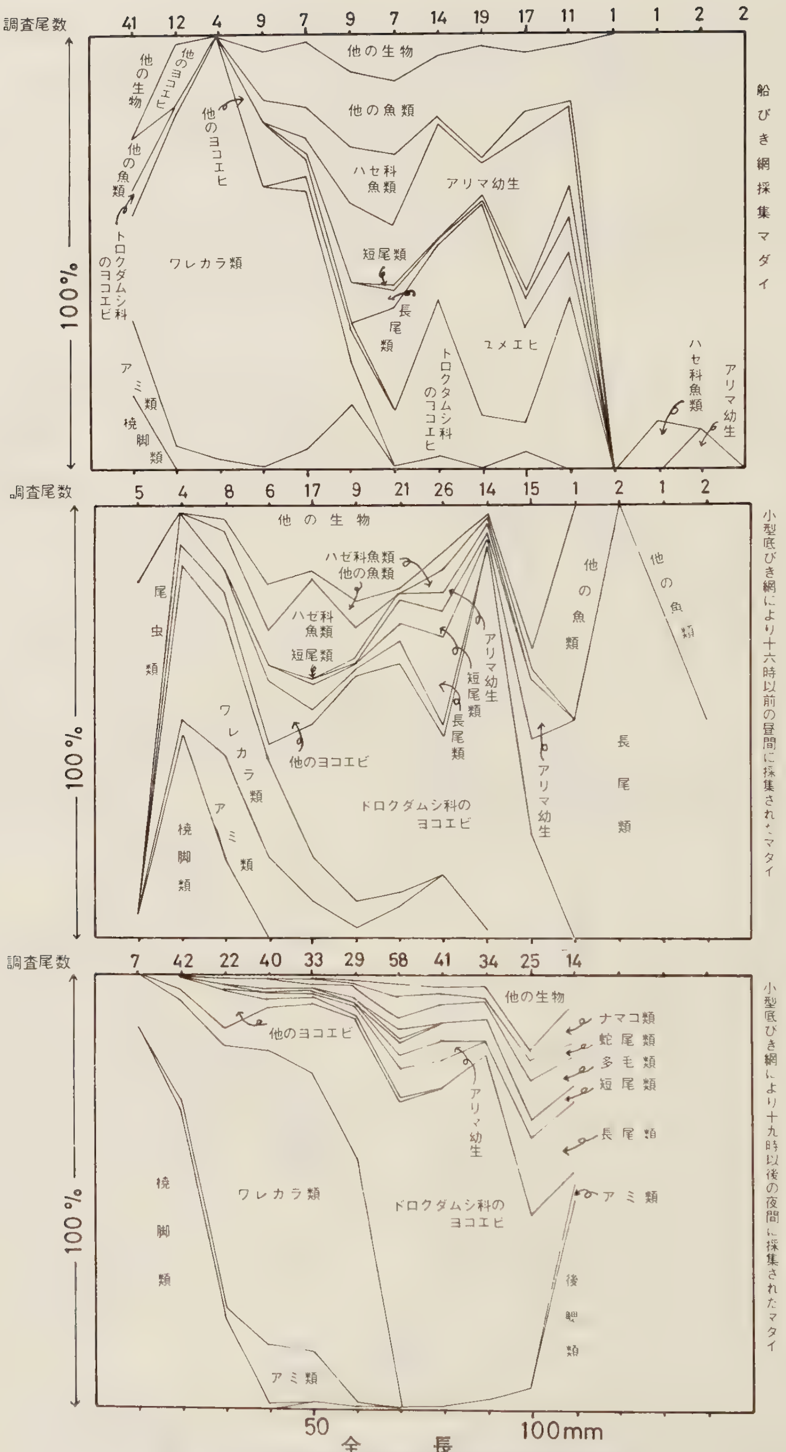


図 3.　マダイ当歳魚の採集法別体長別食物個体数組成

われてくるのが通常であろう．食性調査において，そのずれは食物組成および摂餌率の違い等として表われてくるものと思われる． 食性調査結果の解析において，そのような採集方法の違いにもとづく特性を認識しておくことは必要なことである．ここでは小型機船底びき網による昼間と夜間の採集が行われた1975年の調査結果にもとづき，昼間に操業された船びき網による採集物，小型底びき網の昼間の採集物および夜間の採集物のそれぞれの間の食物組成および摂餌率の差について検討した．

採集定点，時期を無視して，マダイ当歳魚の食物個体数組成の全長に対する変化を採集方法別にまとめ，図3に示す．

船びき網と小型底びき網で採集されたマダイ当歳魚の食物組成を全長変化に対応させて比べると，船びき網で採集したもののうち全長50mm以上のものの食物中に占めるユメエビ，アリマ幼生，ハゼ科魚類，その他の魚類の占める割合が極めて大きいという点で小型底びき網によるものと比べてかなり異なっている．一方，両漁法で採集されたマダイの摂餌率を比較しても（図4），船びき網で採集されたマダイの摂餌率は小型底びき網で採集されたものに比し，極端に大きな値を示す．さらに，船びき網の漁獲物の種個体数組成と，同じ網で採集されたマダイ当歳魚の食物個体数組成とを比較すると（図5a〜5c）， 全長が 40mm以下のマダイ

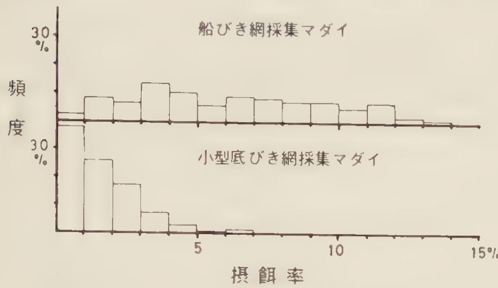


図 4. 漁法別摂餌率 $\left(\frac{\text{胃内容物重量}}{\text{体重}-\text{胃内容物重量}}\times 100\right)$ の頻度分布

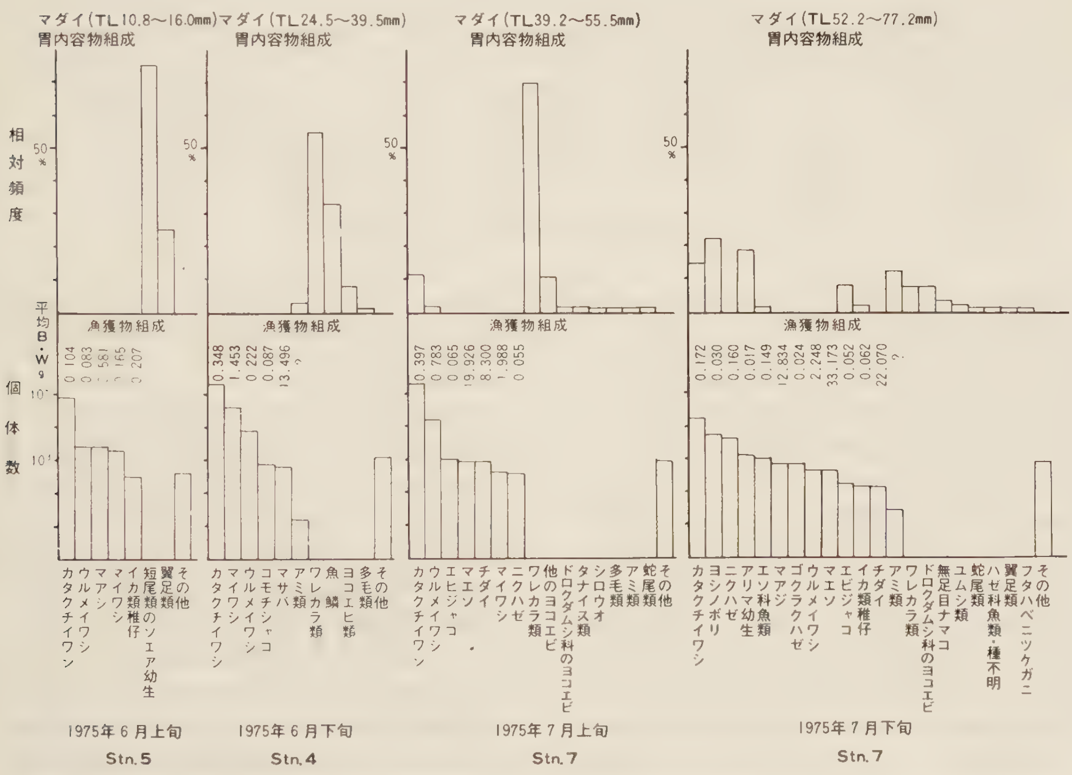


図 5a. 胃内容物組成と漁獲物組成の比較（船びき網）

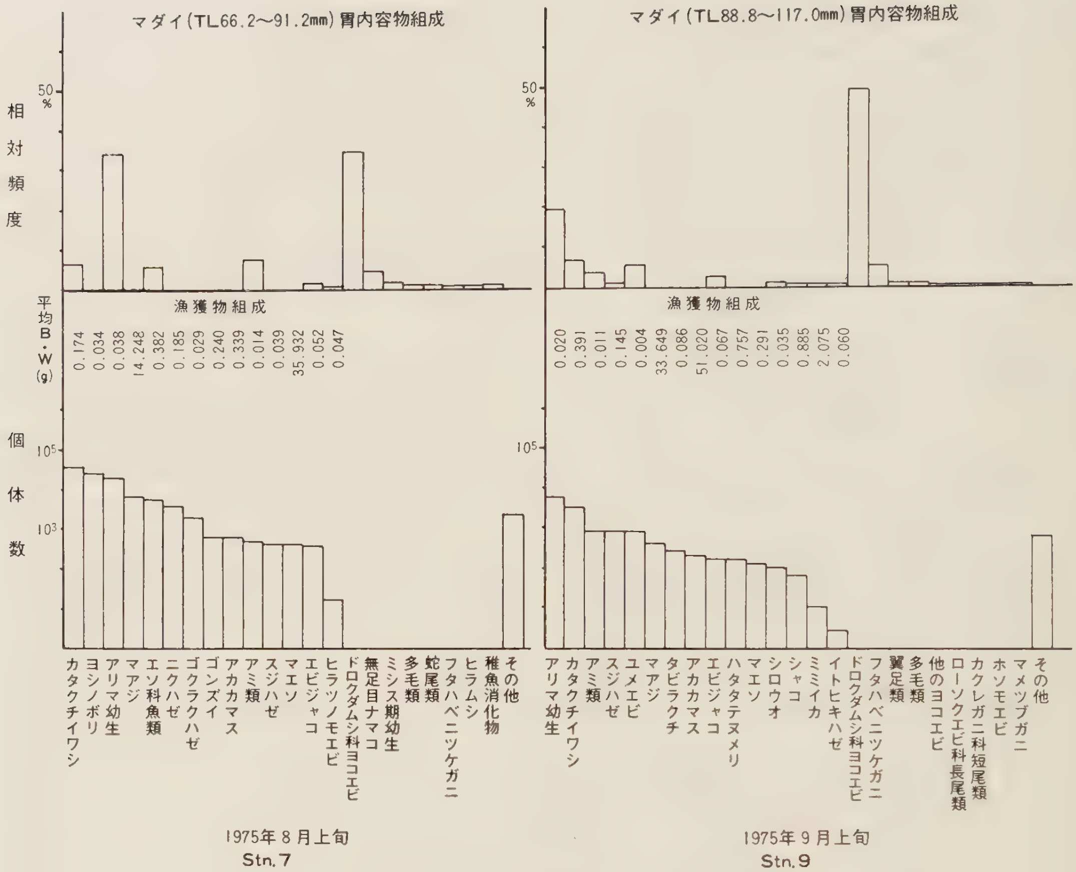


図 5b. 胃内容物組成と漁獲物組成の比較（船びき網）

が漁獲される場合は船びき網の漁獲生物はマダイの胃内からは出現しない．しかし，それ以上の大きさのマダイが漁獲される場合には，船びき網の漁獲物のうち個体数で上位4～5位までの生物（カタクチシラス，エソ類シラス，ハゼ科魚類稚仔，アリマ幼生，ユメエビ等）がマダイの胃内から出現し，それらの生物の胃内容物中で占める割合はマダイの体長が大きくなるほど大きくなる．

これらのことから次のようなことが考えられる．船びき網は広大な面積を網で仕切った後，約1時間の間に次第に網をしぼってゆくという漁法であるので，その間に自然の状態とは異なった食物環境の中で，船びき網中の漁獲物を，そのほとんどのマダイが食うものと考えられる．

このことは，船びき網採集試料による魚類の食性調査が不適当であることを表わすとともに，自然の状態におけるマダイ当歳魚が通常飽食していないことを示しているものといえる．

採集場所の違いを無視して，採集時刻と対応させる形で各個体の摂餌率とその平均値を図6に示した．調査時刻が主として午後から前夜半に集中したため，摂餌率が最高の値を示す時刻は明確ではないが，日中の方が日没後よりも高い値を示し，日没後は次第に摂餌率が低下することがわかる．7月上旬から8月上旬までは摂餌率の昼夜間の差が大きい．しかし，8月下旬と9月上旬の場合は昼夜間の差は極めて小さく，8月上旬以前と比べて摂餌率のレベルは全体に低く，季節的な摂餌生態の変化が推測される．花岡・大石[3]の調査によれば，16時から24時までの時間のマダイ当歳魚の空胃率の変化は，17時から18時の間で最低の値を示

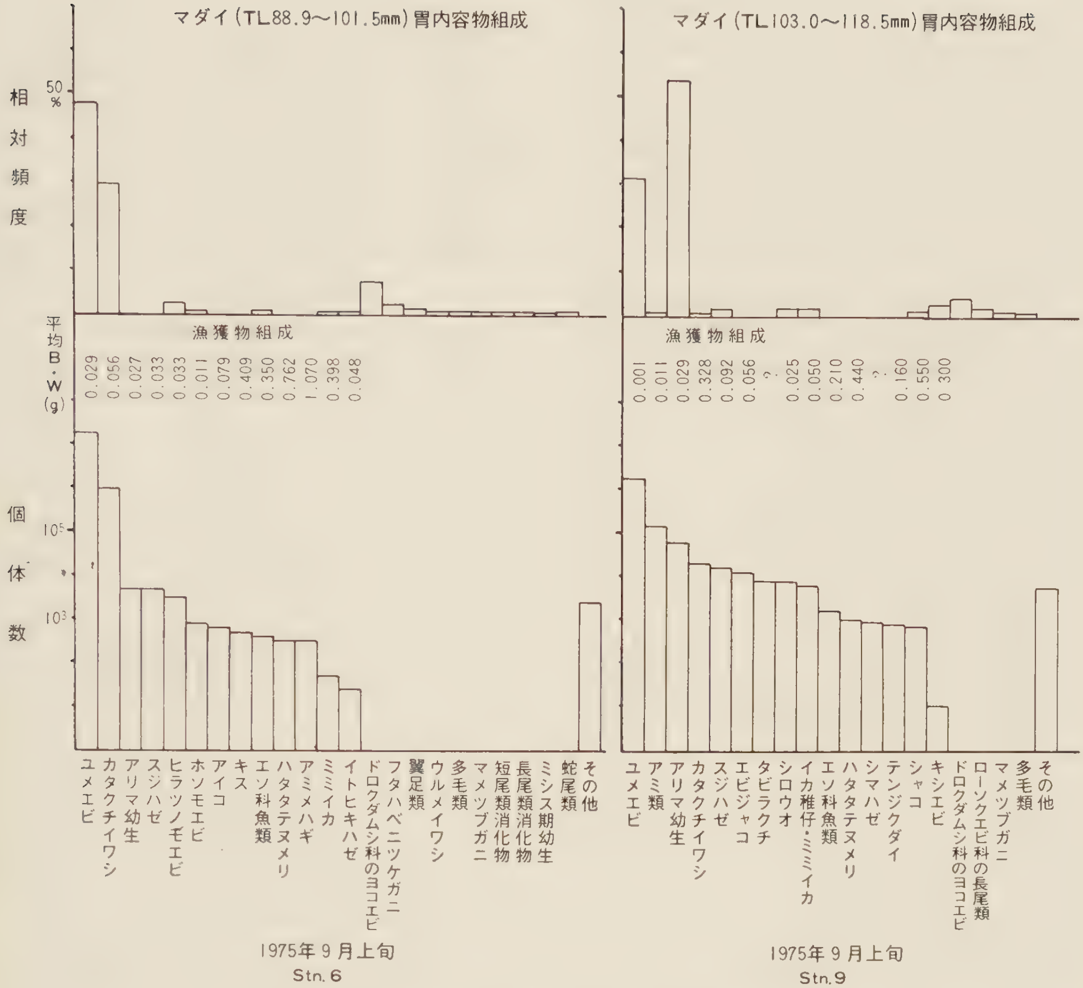


図 5c.　胃内容物組成と漁獲物組成の比較（船びき網）

し，その後次第に高くなってゆく．また，今林・他[10]はマダイ当歳魚の摂餌率の時刻による変化を調べ，9時頃と18時頃にピークをもつ明確な日周期性を示し，それらの時刻が摂餌活動の最も盛んな時刻であると報告している．今回の調査結果は夜間の摂餌活動が非常に不活発であるという点でこれらの報告と一致する．

小型底びき網で昼間に採集したものと夜間に採集したものの食物組成を比較すると（図3），全長30〜50mmの魚によるワレカラ類（*Caprella* 属，*Spincephalla* 亜属のものが大部分）の胃内容物中に占める割合は昼間の方が夜間よりも幾分低く，その分だけハゼ科魚類の占める割合が高くなっている．この昼夜の食物組成の違いは，16時から19時までの時間帯に調査が行われていないこと，さらに日没後の摂餌率の急速な低下（図6）とから考えて，今林・他[10]の示した18時頃の摂餌活動ピーク時における食物組成とその時刻以前の食物組成との違いを表わしているものといえよう．

小型底びき網によるマダイ当歳魚の採集効率は夜間の方が昼間よりもはるかに良く，採集尾数も，マダイ当歳魚が採集される定点の数も夜間の方がはるかに多い[1]．そこで調査2年目以後の1976，1977年には夜間の調査のみが行われた．以後記述する食物組成は主に夜間の採集物についてのものであり，それはここで述べたように夕方の摂餌活動にもとづく食物組成につい

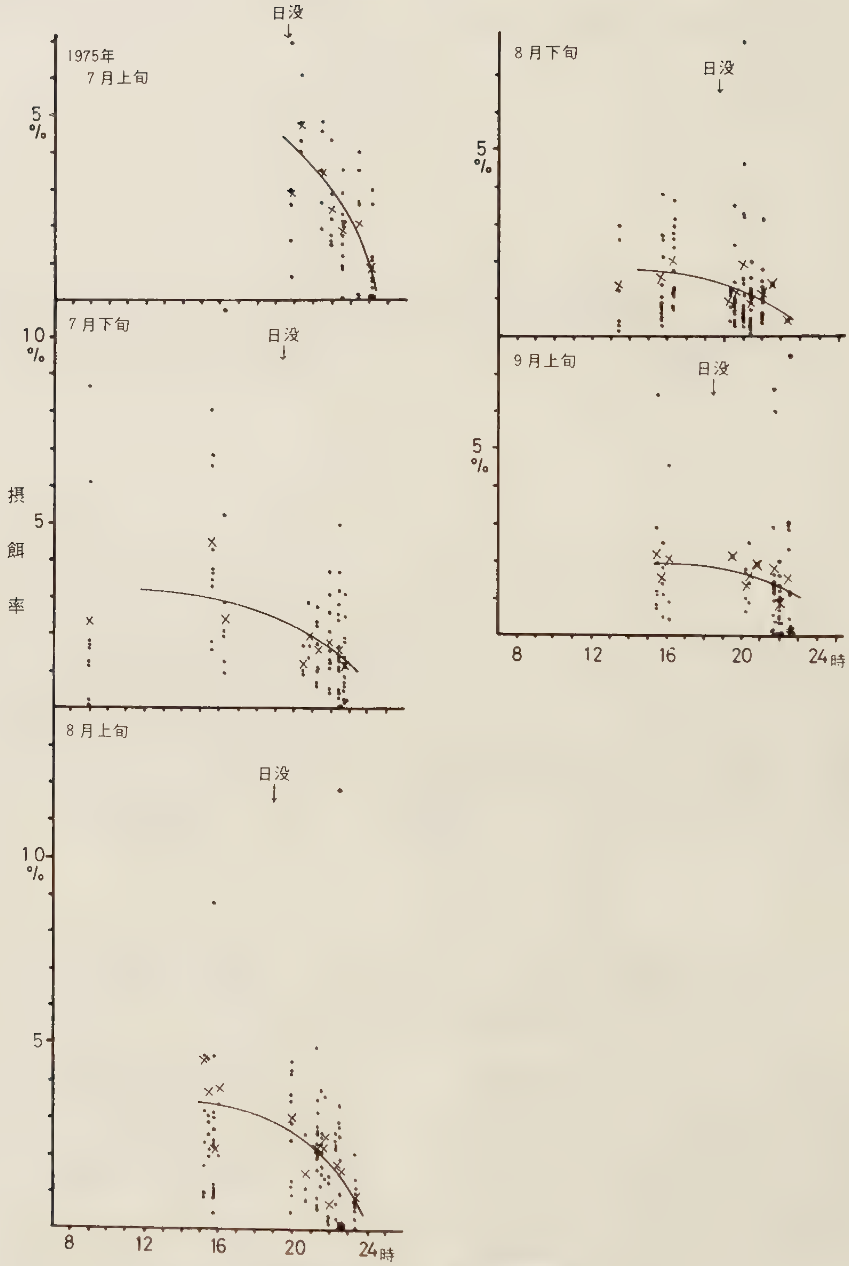


図 6.　漁獲時刻別摂餌率 $\left(\frac{\text{胃内容物重量}}{\text{体重}-\text{胃内容物重量}} \times 100\right)$
黒丸は各個体の摂餌率を示し，×印はその平均値を示す.

て述べることになる.

成長に伴う食性の変化

小型底びき網で昼間に採集したものと夜間に採集したものの食物組成の体長による変化は，全長30～50㎜のもので両者の間に幾分かの違いはあるが，マクロに

見た場合には両者とも次のような変化を示している．すなわち，全長20㎜から30㎜前後までのマダイは橈脚類，尾虫類等の浮遊生物を主な食物とし，全長30㎜前後から70㎜前後までのものはワレカラ類，アミ類を多食し，全長70㎜前後から100㎜前後までのものは管生のヨコエビ類であるドロクダムシ科のヨコエビ等の小型甲殻類を主要食物とする．さらに，全長100㎜前後以上のものは多毛類，十脚甲殻類の長尾類，短尾類，

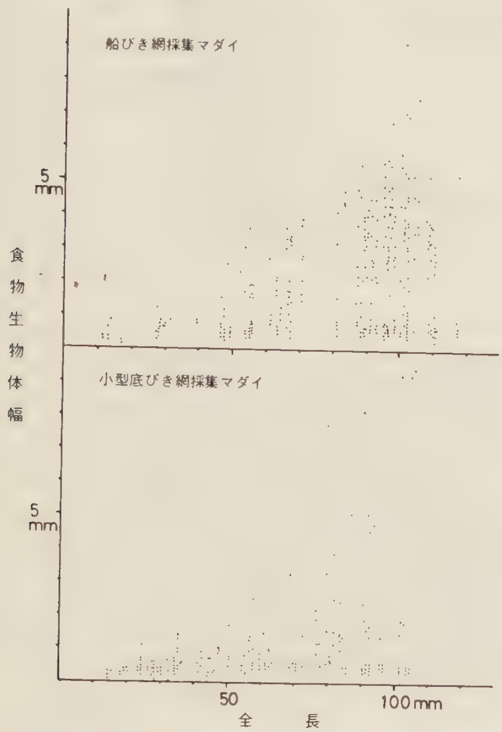


図 7.　マダイ全長と食物生物体幅の関係

蛇尾類等の比較的大型の底生生物を捕食するようになり，100㎜前後以下の全長のものと比べて食物組成の多様度が増す．

マダイの全長と胃内から出現した各食物生物の体幅との関係を求めると（図7），船びき網採集マダイの場合は全長40㎜から45㎜の間と70㎜から80㎜の間で，小型底びき網採集マダイの場合は全長30㎜と40㎜の間と70㎜と80㎜の間でそれぞれ食物組成の大きさの上限に階段状の急激な変化が見られる．この変化は食物組成の体長による変化とおおむね対応している．福原[11]はマダイ幼期における鰭の形成過程を形態学的に追究し，体長8.0㎜（全長になおすと9～10㎜）で稚魚期の運動形態から鰭の推進力により泳ぐ過程へと変化し，体長30㎜（全長になおすと37～38㎜）で鰭の機能が新しい段階に達して，若魚に類似した行動が可能になることを明らかにしている．一方，内橋[12]は脳髄の解剖学的所見から稚幼魚の行動を考察し，全長5㎜内外では視覚魚的脳型を示すプランクトン生活期であるが，15～20㎜ではプランクトン生活から底生生活への過渡的生活型を示すものと考えられ，52～97㎜では底生生活，嗅覚的行動を示す脳型ではあるが完全な底魚型とはなっておらず，その遊泳力も緩慢であるものと思われるが，90～100㎜の魚では完全な底生生活，嗅覚型であるということを述べている．これらのことから考えて，マダイは全長10㎜前後でプランクトン生活から底生生活への移行期に入り，40㎜前後に達すると初めて底生生活期に入るものと思われるが，その底生生活への形態的適応は脳髄の形態から見た場合に未だ不完全であり，さらに成長して90㎜前後の全長になれば，脳髄の形態から見てもほぼ底生生活への適応を完成するものと思われる．全長40㎜でおこる食物生物の大きさの急激な変化，あるいは全長30㎜前後でおこる食物組成の変化は，これらの形態的所見から考えて，底生生活への移行という生活型の変化に起因する変化と考えられる．また，全長100㎜前後での小型甲殻類から比較的大型の底生生物への食物組成の変化，さらに8月上旬と，全長が90～100㎜に達する8月下旬との間におこる摂餌率の昼夜間の差の減少，摂餌率のレベルの低下から推定される摂餌生態の変化は内橋[12]が述べている形態上ほぼ完全に底生生活へ適応したこと，に起因するものと考えられる．

油谷湾においては年によっていくらかのずれはあるが，大略5月中，下旬に湾外より湾内への浮遊期マダイの加入があり[13]，全長が90～100㎜に達する8月下旬頃から湾外への逸散がはじまる．この湾外への逸散の始まる時期及び体長と底生生活への完全な適応に伴う食性の変化の時期及び体長が一致することはこれらのことが機能的に結びついていることを推測させる．

一方，全長70～80㎜での食物の大きさと組成の変化は，この全長でマダイに形態的変化がおこるという報告もないので，形態的変化に伴う生活型の変化と関連したものではなく，生息場の変化あるいは食物環境の変化等の複合されたものが食物組成に反映したと考え

るべきであろう.

食物組成の地域特性

食物を摂取するということは生物の生活の様々な側面とかかわりあいを有するが，ここでは食物組成の地域特性の季節に伴う変化を明らかにし，それとマダイ当歳魚の分布特性の季節変化とを対比させることにより，湾内各水域のマダイの食物摂取の場としての役割を明らかにしてゆく.

油谷湾の生物的，非生物的環境条件についてのこれまでの報告をとりまとめると次の様になる.

湾内における底質の中央粒径値の分布を見ると[15]，Stn. 5，6，7に相当する湾南岸域の底質の粒度は粗く，その中央粒径値は1～2ϕであり，その他のStn. での底質の粒度は小さく，湾内には反時計回りの環流が想定されるという．一方，Ogawa *et al.*[16] によると，湾内に流入する粟野川の影響はStn. 6，5，5′ の極く沿岸寄りに，掛渕川の影響は1，11，12，13，14の海域に及ぶという．これらのことからStn. 6，5，5′ の海域は外洋水の湾内への流入の影響を直接受け易く，Stn. 1～4，11～14の海域は内湾性の

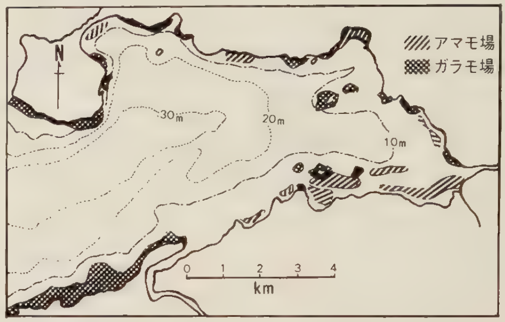


図 8．藻場の分布（森：1979より）

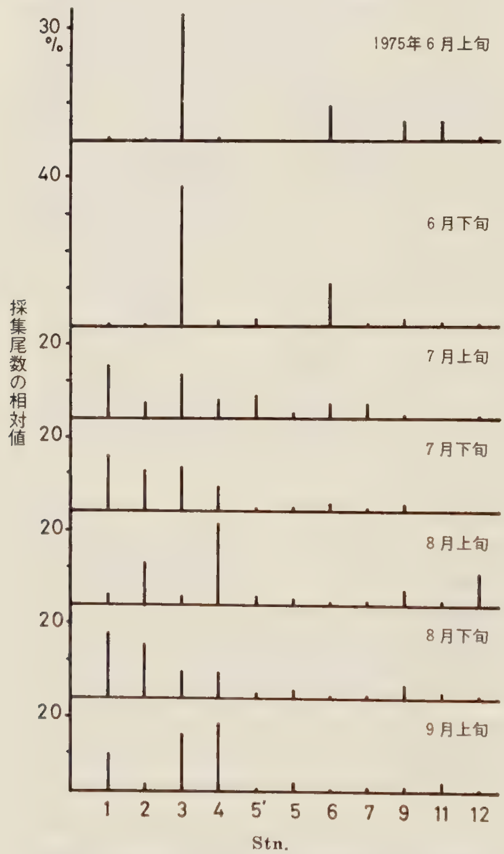


図 9．調査時ごとの，Stn. での採集尾数の全採集尾数に対する割合1975年調査結果

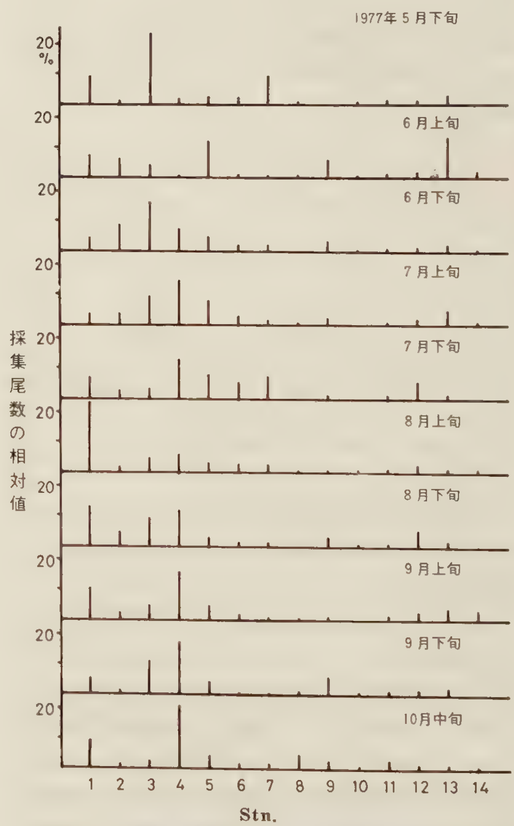


図 10．調査時ごとの，Stn. での採集尾数の全採集尾数に対する割合1977年の調査結果

強い海域であることが想定される．これらのことは，水産庁[17]による底生生物の種組成の定点間の類似度，あるいは外洋性指標種，内湾性指標種の分布等によっても裏付けされる．森[13]の調査によると，湾内には藻場の発達した場所が見られ，特に湾南岸の竹島以東の Stn. 2，3の陸岸寄りには湾内で最も大きなアジモ場が発達している（図8）．他方，湾北岸は急峻なことを反映してか，藻場の発達は顕著ではなく，あって

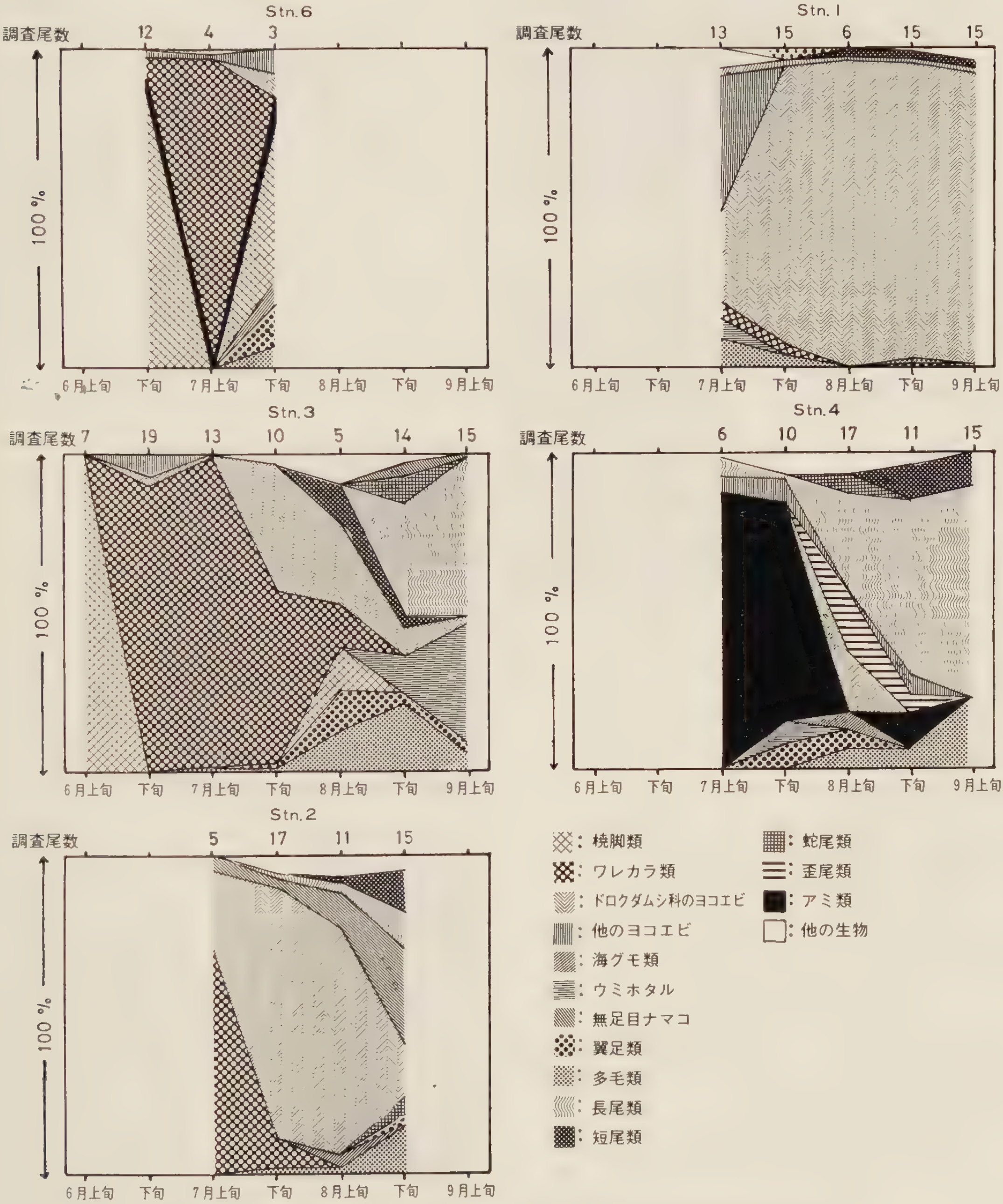


図11．1975年に採集されたマダイ当歳魚の各 Stn. における食物組成の経月変化

も小規模なものである．

アマモの消長に関する知見はないが，漁業者の観察によれば7月中，下旬にはアマモが消失するという．

一方，マダイ当歳魚の湾内における分布，移動について述べると以下のようになる．

着底以後1年未満という相対的に大きさの変化の大きいマダイの運動能力は大きさにより大きく変わるものと思われ，小型底びき網による採集効率も当然大きく変化するものと考えられる．そこで，名採集時ごとの全採集尾数に対する各定点での採集尾数の割合をその採集時における，その定点に分布している割合と見て，その割合の季節変動の定点間の比較により湾内での分布の季節変化を見た（図9，10）．

1975年は湾内への移入量が少なく，個体群密度が低く，1977年はその逆の年であった．マダイの湾内での分布構造は藻場との関連性が強いものと思われ，両年とも季節変化はあるが，常に Stn. 1～Stn. 5に至る海域内に分布の中心がある．これらの海域での分布状態の変化をみると，Stn. 3は最も藻場の発達した海域の縁辺部にあたり，Stn. 3に分布している割合は5月下旬から6月下旬に至るマダイ当歳魚の湾内生息期間中の初期に高い．この期間はまた，アマモの最も繁茂している期間でもある．一方，アマモの消失に伴いStn. 3に分布する割合は低下し，7月上旬頃から Stn. 1に分布する割合が高くなりはじめる．しかし，それも，9月上，下旬頃から再び低下しはじめる．Stn. 4はアマモ場の中心域であるという点で他の定点とは異なるが，Stn. 4に分布する割合も Stn. 1の場合と同様，アマモの消失に伴い，7月上旬頃から次第に増加し，その傾向は8月下旬以後さらに顕著になり10月上旬まで続く．

マダイ幼魚の食性についてのこれまでの報告を見ると[2-9]，調査海域によりその食物組成は大きく変り，食物摂取に関する形態的，生態的適応の幅が広いこと

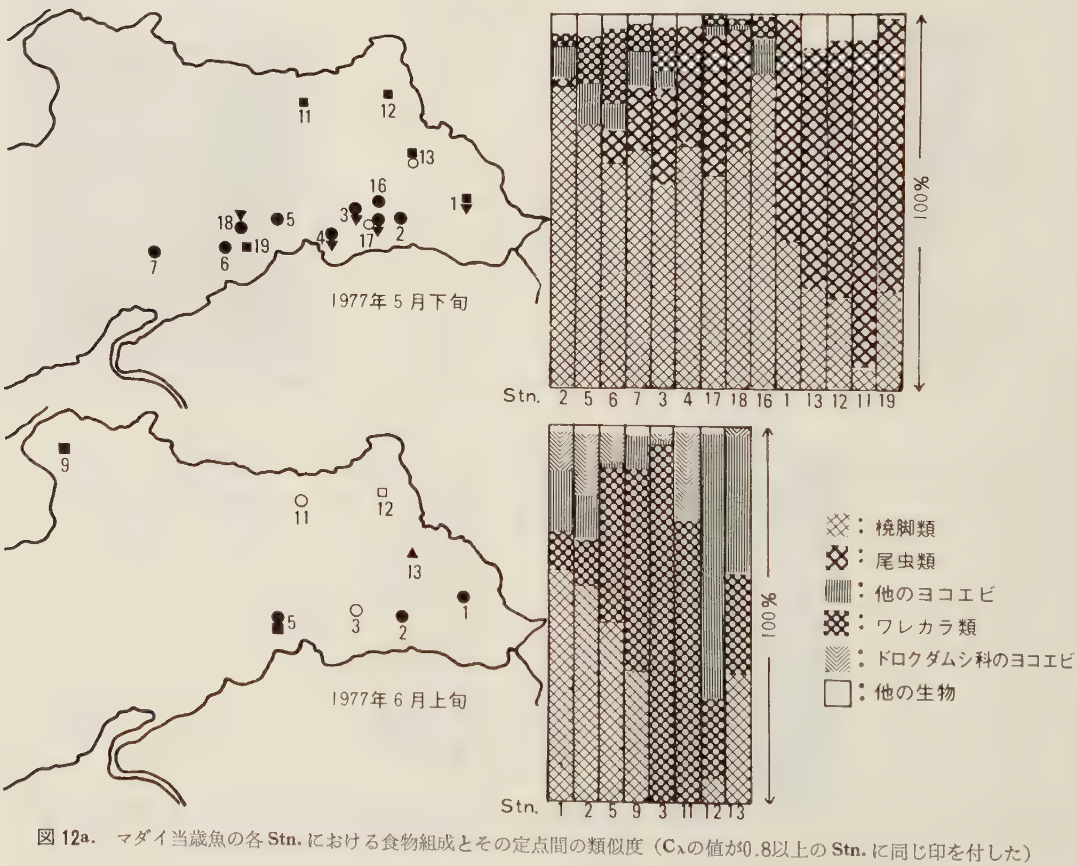


図 12a．マダイ当歳魚の各 Stn. における食物組成とその定点間の類似度（C_{λ}の値が0.8以上の Stn. に同じ印を付した）

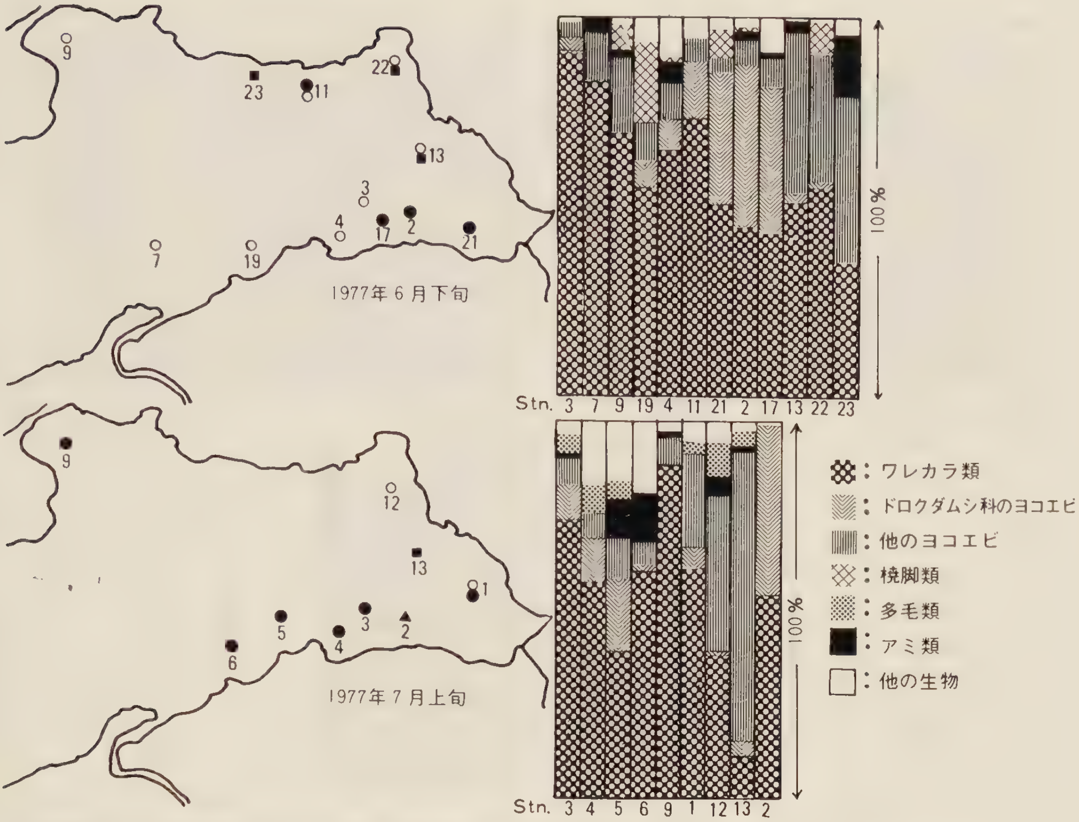


図 12b. マダイ当歳魚の各 Stn. における食物組成とその定点間の類似度（Cλの値が0.8以上の Stn. に同じ印を付した）

が暗示される．このことは，いいかえれば，マダイの食物組成が食物環境や他魚種との関連で大きく変わりうることを示している．マダイの最大の競争種は生活型と食性の極めて類似するチダイ（*Evynnis japonicus*）であるが[14]，油谷湾でも[1]，長崎県志々伎湾でも[14]，両種は相互にすみ分けることによりその軋轢を減少させている．そこで，油谷湾におけるマダイの食物組成の海域による違いは主に食物環境の違いを反映したものとして論を進める．

1975年に採集したマダイ当歳魚の各定点での食物個体数組成の季節変化を図11に示す．

Stn. 3では，主要食物は橈脚類からはじまり，ワレカラ類，ドロクダムシ科のヨコエビ類，さらに多毛類，十脚甲殻類の長尾類及び短尾類等の比較的大型の底生生物という順に変わる．一方,Stn. 1では，7月上旬以後9月上旬までの期間はドロクダムシ科のヨコエビ類が食物生物の中の大部分を占める．Stn. 2では，季節の変化に伴うワレカラ類の占める割合の減少の速さ，ワレカラ類の減少に伴うドロクダムシ科のヨコエビ類の占める割合の増加の程度，さらにドロクダムシ科のヨコエビ類の占める割合が減少し，比較的大型の底生生物が増加し，食物の多様度が増加する時期等の点において Stn. 1と Stn. 3の中間的特色が見られる．Stn. 4における食物組成の季節変化は7月上，下旬にアミ類が占める割合が大きいという点で特徴的であり，8月上旬以後は短尾類，長尾類，歪尾類，蛇尾類等を多食し，食物組成の多様度が高い．Stn. 6の場合は季節変化が激しい点に特色が認められる．

1977年の調査結果を 図12 a～12 d に示す．各定点の食物個体数組成とともに，各定点間の食物組成の類似度を Morisita[18] の Cλ の値として求め，その値が 0.8 以上の場合は食物組成が相互に類似しているものとして海図中の両定点に同じ印を付した．

マダイ当歳魚の成長過程（図13）と関連づけなが

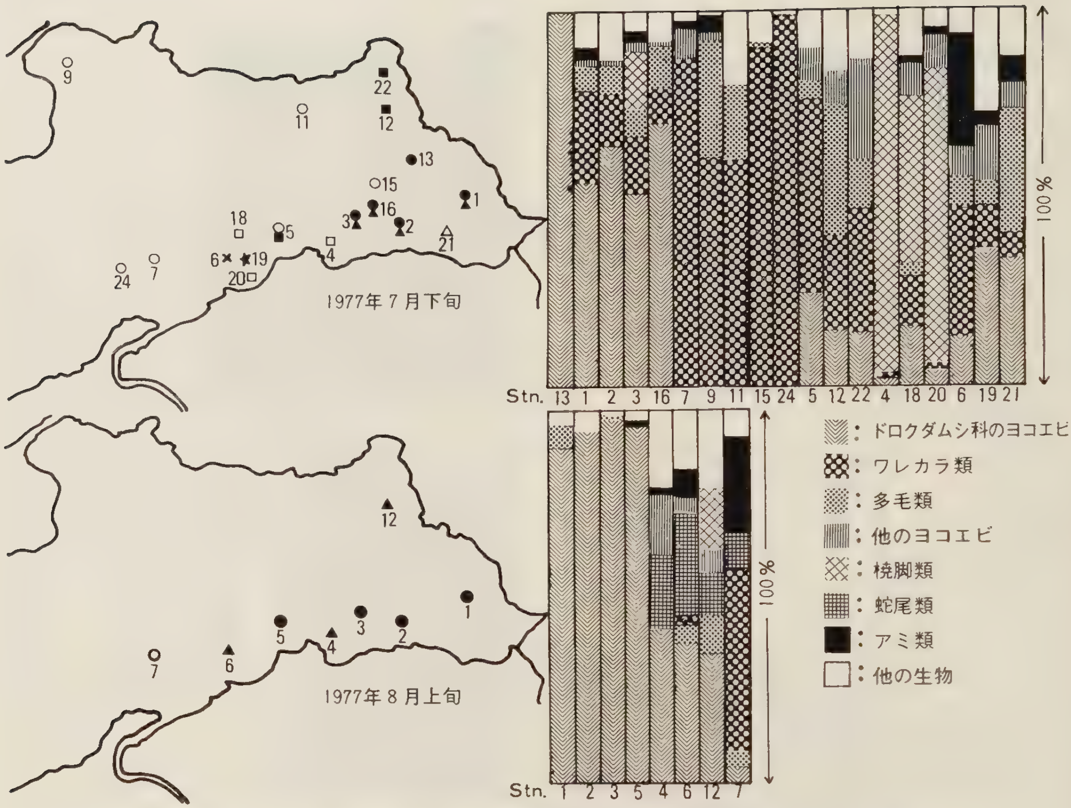


図 12c.　マダイ当歳魚の各 Stn. における食物組成とその Stn. 間の類似度（C_λの値が0.8以上の Stn. に同じ印を付した）

ら，各定点の食物組成の季節変化をとりまとめると次のようになる．

平均全長15㎜前後の，プランクトン生活から底生生活への移行期の初期の段階のマダイ当歳魚は湾東岸から北岸に至る海域と南岸の海域とでは主要食物が異なるが，いずれも動物プランクトンを補食している．ワレカラ類は平均全長が20㎜以上になる６月上旬頃から捕食されはじまる．ワレカラ類が捕食されている海域は Stn. 3 から南岸沿いに湾口部方向へ，あるいは湾奥部に拡がってゆき，マダイの平均全長が35～40㎜に達する６月下旬にはほとんどの水域でワレカラ類が多食されるようになる．一方，ワレカラ類とともに油谷湾におけるマダイ当歳魚の重要な食物であるドロクダムシ科のヨコエビ類は６月下旬頃に湾奥部南岸の Stn. 2，17，21，で多食されはじめ，平均全長が60㎜になる７月下旬頃からドロクダムシ科のヨコエビ類が主な食物となる海域は南岸沿いに湾口部の方へ，あるいは東岸沿いに北に拡がりはじまる．平均全長が80㎜に達する８月上旬には湾奥部のほとんどの水域でドロクダムシ科のヨコエビ類が主要食物となる．各定点でのドロクダムシ科のヨコエビ類の食物組成中に占める割合の増加とは逆に各定点でのワレカラ類の占める割合は減少し，８月下旬に至るとワレカラ類が多食されている海域はなくなる．一方，７月下旬以後の竹島の西側の Stn. 5，6，18，19，20 の海域内での隣接した定点間の食物組成の違いは大きく，この海域におけるマダイの食物となる動物相の地点間の変化が著しいことが推測される．平均全長が 100㎜を越す９月下旬に至るとドロクダムシ科のヨコエビ類を主要食物としている海域は減少し，湾奥部の Stn. 1，3，13，14だけになる．それ以外の定点においては短尾類，長尾類，多毛類，蛇尾類等の比較的大型の底生生物が多食され，食物組成の多様性が増すようになる．この比較的大型な底生生物への主要食物の変化と食物組成の多

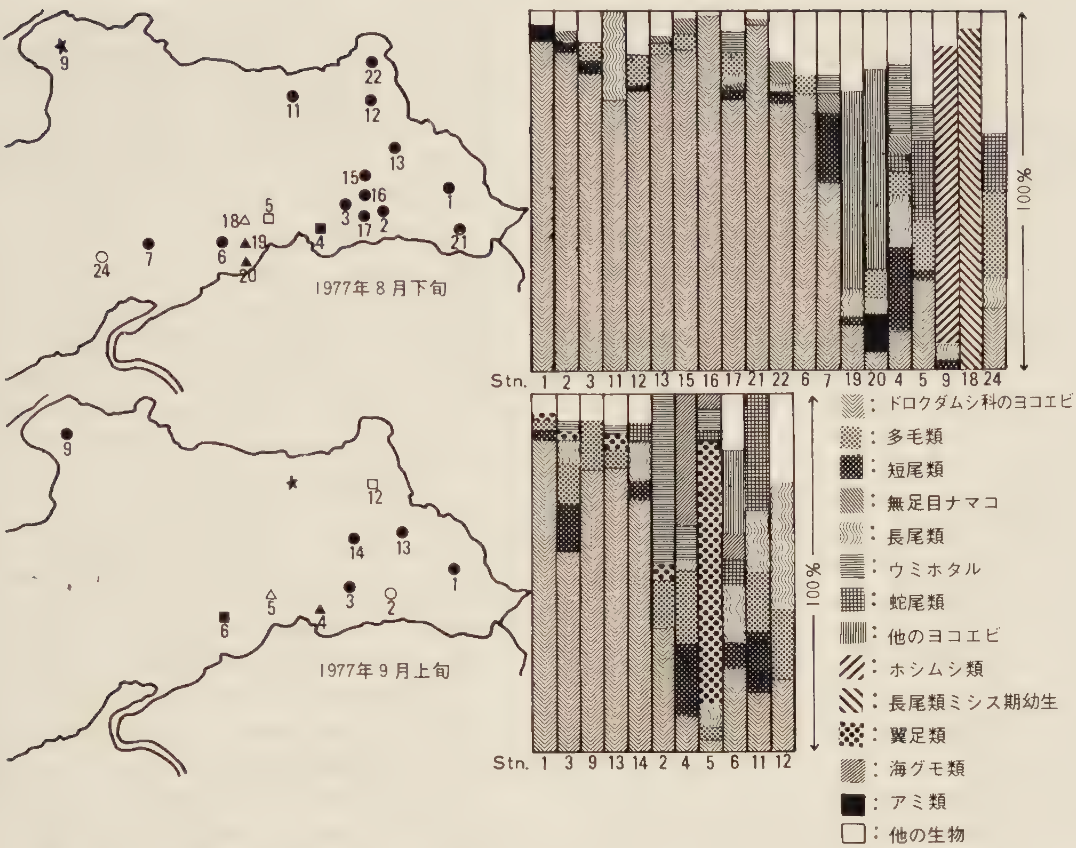


図 12d.　マダイ当歳魚の各 Stn. における食物組成とその Stn. 間の類似度（C_λの値が0.8以上の Stn. に同じ印を付した）

様性の増加は最初に竹島の陸側の Stn. 4 と竹島の西側の Stn. 5，18，19，20，6 の海域で平均全長が80～90㎜に達する８月上旬頃から現われはじめる．

このような各採集定点における食物組成の季節変化とマダイ当歳魚の湾内における分布の季節変化とは極めてよく対応している．すなわち，プランクトン生活から底生生活への移行期を迎えたマダイは Stn. 3 周辺海域に主要生息域を有し，橈脚類等の動物プランクトンを捕食し，その後次第にワレカラ類を多食するようになる．平均全長が30～40㎜に達し，形態的適応は不完全ではあるが底生生活に入る６月下旬にはワレカラ類は胃内容物中の70～80%を占めるようになる．油谷湾におけるマダイ当歳魚は，着底以後，Stn. 3 を中心とする湾内で最も発達した藻場の縁辺水域を主要生息域とし，ワレカラ類という藻場と密接な関連を有する生物を主要食物としており，藻場はこの時期のマダイ当歳魚の食物摂取の場として非常に重要な役割を演じている．その後，アマモの消失に伴い，平均全長が60㎜に達したマダイ当歳魚は７月下旬頃から，次第に Stn. 1 を中心とする海域に主要生息域を移し，ドロクダムシ科のヨコエビ類を多食する．この主要生息域の変化と主要食物の変化とは藻場の消失に伴う生物的，非生物的環境条件の大きな変動によりひきおこされたものと考えられる．

Stn. 4 では藻場の消失後，次第にマダイ当歳魚の分布する割合が高くなる．特に８月下旬以後のその傾向は顕著である．しかし，Stn. 4 で藻場の繁茂する時期のマダイ当歳魚の生息密度が小さいことは，マダイ当歳魚の生息域をミクロに見た場合に問題となるであろう．すなわち，従来から提起されていた，マダイ当歳魚が藻場の中に生息するのか，藻場の周辺に生息するのかという問題である．８月下旬以後のこの定点での

マダイ当歳魚の主要食物は多毛類，短尾類，長尾類等の比較的大型の底生生物であり，マダイの全長が90〜100㎜に達する8月下旬以後のこの海域に分布する割合の増加は，全長90〜100㎜での底生生活への適応の完成に伴う食性の変化と対応したものであろう．

このように，油谷湾におけるマダイ当歳魚にとり，藻場は食物摂取の場として重要な役割を果し，その分布，季節的消長は，マダイ当歳魚の食物環境の時空間的変化としての意味を持ち，湾内でのマダイ当歳魚の分布，移動，食物組成の変化をひきおこす重要な環境要因として，マダイ当歳魚の生活に関与しているものと考える．

要　　約

油谷湾における マダイ 当歳魚の 胃内容物調査を行い，発育に伴う食性の変化を形態的変化から推測される生活型の変化との関連で解析し，さらに各調査定線でのマダイ当歳魚の食物組成の特色と分布・回遊との関連を解析した．

1．マダイの採集方法による食物組成の違いを比較検討した結果，船びき網により採集されたマダイは同じ網の中の漁獲物を多食し，自然状態とは異なった食物組成を示す．このような漁法で採集したサンプルを魚類の食性調査に用いるのは不適当と考えられる．

2．1975年の採集物を用いて，小型底びき網で昼間に採集したマダイ当歳魚と夜間に採集したものの体長による食物組成の変化を比較すると，全長30〜50㎜の魚のワレカラ類の捕食割合は昼間のものの方が夜間のものよりも幾分低くなっている．マダイ当歳魚に対する小型底びき網の採集効率の関係で，1977年のサンプルの採集は主に19時以後24時までの間に行われたが，摂食活動の日周期性から考えて，夜間に採集したものの食物組成は夕方18時頃をピークとする摂食活動にもとづくものと考えられる．

3．昼間に採集したものと夜間に採集したものの体長による食物組成の変化の間には，2.のような幾分かの違いはあるが，マクロに見た場合には全長20〜30㎜のマダイは橈脚類，尾虫類等の浮遊生物を主な食物とし，全長30〜70㎜のものはワレカラ類を多食し，全長70〜100㎜の ものは ドロクダムシ科のヨコエビ類等の 小型甲殻類を 主要食物とする． さらに全長100㎜以上のものは多毛類， 十脚甲殻類の長尾類および短尾類，蛇尾類等の比較的大型の底生生物を捕食するようになり，食物組成の多様度が増す．

4．形態的変化から推測されるマダイ当歳魚の生活型の変化と関連づけて，食物組成の体長による変化を考察すると，全長30〜40㎜でおこる食物組成の変化は形態的適応は不完全ではあるが，初めて底生生活期に入ったことに伴う食性の変化と考えられる．ま

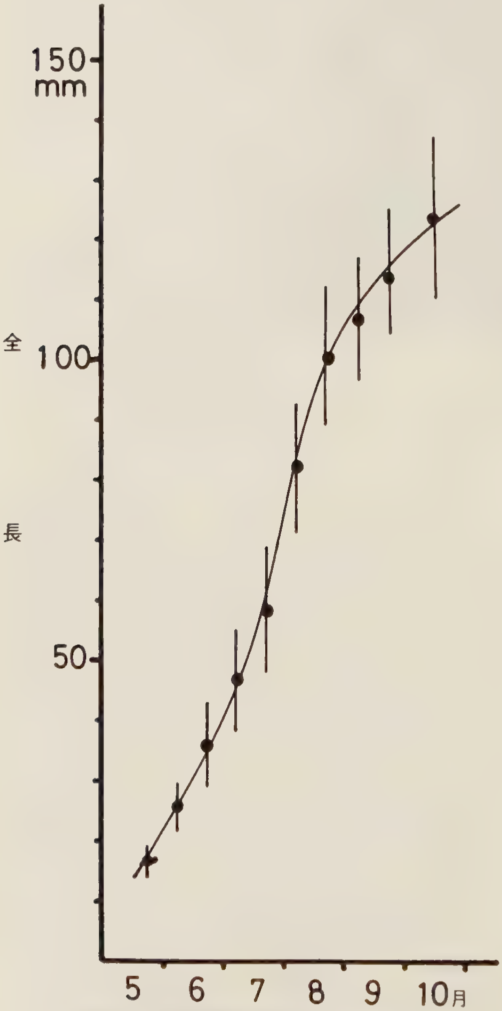


図13．1977年級群の成長
黒丸：全長の平均値，縦線：標準偏差

た，全長100mm前後での変化は形態上ほぼ完全に底生生活へ適応したことに起因するものと考えられる．全長70〜80mmでの食物組成の変化は生息場の変化あるいは食物環境の変化等の複合された結果の反映と考えられる．

5．マダイ当歳魚の湾内で最も生息密度の高い海域はStn. 1〜Stn. 5の海域である．橈脚類等の動物プランクトンを捕食するプランクトン生活から，底生生活への移行期，さらに形態的適応は不完全ではあるが底生生活に入り，ワレカラ類を多食する時期，の両期は，湾内で藻場の最も発達したStn. 3周辺海域に分布の中心を有し，この時期の油谷湾におけるマダイ当歳魚の生活にとり藻場の存在は欠かせないことを推測させる．その後のマダイ当歳魚の分布，移動，食物組成の変化はアマモの消失と密接に関連を有し，アマモの消失に伴い，マダイ当歳魚の分布の中心はStn. 1に移り，ドロクドムシ科のヨコエビ類を主な食物とする．Stn. 4は藻場の中心域であるが，藻の消失後，マダイ当歳魚がこの海域に分布する割合は高くなる．このことは，全長90〜100mmでの食性の変化に伴う生息域の変化を示すものと考えられる．

文　献

1）花渕信夫　1980：油谷湾におけるマダイ幼魚の分布．西水研研報，(54)，79-92.

2）今林博道・花岡　資・高森茂樹　1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態―Ⅰ．他魚種との関係．南西水研研報，(8)，101-111.

3）花岡　資・大石修宗　1972：マダイの食性について．浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究，185-196.

4）花岡　資・今林博道　1973：マダイ幼稚魚の食性，浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合的研究，231-236.

5）花岡　資・井上善人　1970：マダイ稚魚を主体とする群集の組成の変動とその摂餌生態．内海性海域における生物群集の生産の動態に関する研究（JIBP-PMセクション），156-167.

6）北森良之介・永田樹三・小林真二　1959：藻場の生態学的研究（Ⅱ）季節的変化．内水研研報，(12)，187-199.

7）布施慎一郎　1962：アマモ場における動物群集．生理生態，**11**，1-12.

8）T. Kikuchi 1966: An Ecological Study on Animal Communities of the *Zostera marina* Belt in Tomioka Bay, Amakusa Kyushu. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, **1**, 1-106.

9）福岡県福岡水産試験場　1973：幼魚生態．東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書・昭和47年度・A・九州西海域篇，33-48.

10）今林博道・花岡　資・矢野　実　1977：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態―Ⅲ．個体群の種内関係．南西水研研報，(10)，87-100.

11）福原　修　1976：マダイ稚仔魚の形態学的研究―Ⅰ，鰭の形成について．南西水研研報，(9)，1-11.

12）内橋　潔　1969：マダイ稚魚の放流と稚魚の生態．栽培漁業，**6**，1-7.

13）森　慶一郎　1980：油谷湾における浮遊期・底生生活初期のマダイの生態．西水研研報，(54)，59-78.

14）最首光三　1978：ポピュレーションと種苗放流，日本水産学会編，水産学シリーズNo.23，増殖技術の基礎と理論，20-31，恒星社厚生閣，東京．

15）井上尚文　1980：油谷湾の海底地形と堆積物の粒径分布．西水研研報，(54)，1-14.

16）Y. Ogawa, T. Nakahara and R. Tanaka 1977: Hydrographic Nature of Coastal Fishing Grounds in the Southwestern Japan Sea. *Bull. Seikai Regional Fish. Res. Lab.*, (50), 73-126.

17）水産庁　1975：底生生物．特定地域（油谷湾）漁業振興および環境整備基本計画調査報告書，72-79.

18）M. Morisita 1959: Measuring of Interspecific Association and Similarity between Communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Ser/E, **3**, 65-80.

油谷湾におけるテンジクダイの生態

大森　迪夫・高橋　圭一*

Ecological Studies on the Apogonid Fish "Tenjikudai" (*Apogon lineatus*) in Yuya Bay

Michio OMORI and Keiichi TAKAHASHI*

Tenjikudai (*Apogon lineatus*) is well known for the peculior habit of oral breeding, but very limited knowledge has been gained of its ecology other than that. In this paper, were made clear the primary aspects in the life history, i. e. growth, reproduction, spatial distribution and migration.

1) The population of this fish reduced abruptly by death to almost nil after the reproduction in one year after the hatch. Consequently only neglegible portion of them survived in the second year.

2) They grew fast during both periods of from the hatch to December in the first year, and from May to July just before reproductive season in the second year. The growth was slow in seasons other than that mentioned above, and was extremely so after full one year of age. Differences in growth rates were observed both by sex and yearclass. Females grew faster than males do to attain the difference of 11 to 13mm in total length at full one year old. This was caused by the higher growth rate of female during the period from May to July in the second year. Growth rate of each year class decreased with the increase in their population density.

3) Relative growth of head length to total length was different by sex, and that of the length of mouth creft measured along mandible to total length was separable into two parts at total length of 50mm. These phenomena seem to be relevant with the oral breeding by males.

4) Spawning took place during the period from late July to late September, and the oral breeding by males continued until middle October.

5) It is thought that the number of breedable eggs by male is decided by the volune of the buccal cavity, which is proportional to the third power of the total length. But, the primary linear regression was applied to the relationship of the

昭和54年12月27日受理（Received December 27, 1979）
西海区水産研究所業績 第365号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 365）
＊水産大学校（Shimonoseki University of Fisheries）
（現在の所属：株式会社海老幸，東京都中央区築地 Present adress- Ebiko Co. Ltd. : Tsukiji Tokyo）

number of breedable eggs to the total length, because the range of total length was very small. The formula applied was Ne＝327.54×TL－14265.56. Biological minimum of male seems to be at the length of 50mm in total length, judging from the fact that none of the males smaller than 50mm was observed to breed.

6) The number of ovarian eggs was investigated with the samples caught in the spawning season. Relation of the number of ovarian eggs to the total length was expressed by the formula of Oe＝242.978×TL－10222.091.

2) The migration of this fish was observed as was follows. Newly recruited inmature fish inhabited very densely the innnermost area of the bay from early August to early September in the first year. They migrated to the deeper waters, the entrance of the bay, and remained there until next June. From June in the second year, they began to move toward the innermost area of the bay, again to distribute densely in the area from early July. After attaining adult stage, they spawned and bred eggs in the area from late July to late September.

油谷湾は山口県北西部に位置し，湾口部の幅 4 km，奥ゆき10kmの小さな湾である．1975年以来，マダイの初期生活史の実態の解明のための研究が同湾を調査海域として西海区水産研究所下関支所の職員を中心とするメンバーにより行われてきた．テンジクダイ *Apogon lineatus* は利用価値の低い，いわゆる雑魚であるが，湾内の魚類相の調査結果* によると，イワシ類，ハゼ科魚類，マダイ，チダイ等とともに湾内で採集される魚類の中で量的に大きな割合を占めており，油谷湾におけるマダイ等の有用魚類の研究に際して，群集生態学的立場から見た場合に無視することのできない魚種である．

しかし，他のテンジクダイ科の魚とともに，雄による口内ふ化を行うという特異な生態でよく知られているテンジクダイも，それ以外の生態についてはほとんど知られていない．そこで，テンジクダイの成長，生殖，分布・回遊等の基本的な生物学的諸特性について明らかにし，さらにそれらの結果にもとづき，湾内の諸環境域をテンジクダイが各発育段階，生活年周期においてどのように利用しているのかという，テンジクダイの生活の展開と環境との関係を論じてゆく．

稿を進めるにあたり，油谷湾における浮遊期テンジクダイの採集結果の未発表データの使用を許され，さらに，英文要約の校閲をいただいた西海区水産研究所下関支所の森　慶一郎氏，また，本報文の御校閲の労をたまわった西海区水産研究所下関支所長矢野　実氏および第 2 研究室長花渕信夫氏に感謝の意を表します．また，水産大学校教授三栖　寛博士には本報告をとりまとめるに際して有意義なる御批判をいただいた．ここに厚く御礼申し上げます．

材料および方法

この研究で使用した材料は1976年 4 月から1977年10月に至る期間に Fig. 1 に示す調査定点で行われた合計 379回の小型機船底びき網の操業で採集したものである．1976年 4 月から1977年 3 月までの期間は Stn. 1～14までの定点での採集を行ったが，1977年 5 月以後には新たに Stn. 15～24 が調査定点として付け加えられた．調査に使用した漁船は総トン数約 2 トン以下の漁船で，約 8 mの張竹で網口を拡げる形式の底びき網を用い，10分間，約600mえい網した．魚捕部の目合は14節（約 1 cm）であるが，網目をぬける魚を採集するために，クレモナ綟網180目（2.8mm）のカバーネットを取り付けた．採集したサンプルはその全量を船上

＊森　慶一郎：未発表

で10%ホルマリン液で固定して持帰り，全長，生殖腺重量の計測と雌雄のチェックを行った．

1976年4月から1977年3月までの1年間のサンプルについては，雄の口内および胃内からの卵の出現の有無を目安とした口内ふ化中か否かのチェック，口内および胃内から出現した卵の数と雌の卵巣卵数の重量法による計数，相対成長を見るための頭長，口裂の下顎骨にそった長さの計測も合わせて行った．

採集個体数と調査個体数は Table 1 に示す．

結果と考察

成長

各調査時期ごとに，雌雄別々に全長の頻度分布を求めると，それは相互にほとんど重なり合わない2，3の正規分布に分解できる．そこで，各正規分布の平均値と標準偏差を求め，その経時変化を Fig. 2，3 に示す．図から年に1度の発生とそれにひき続く成長の過程が追跡でき，これら各正規分布は，明らかに年級に対応するものと言える．なお，1976年と1977年の8月から10月までの期間の全長の小さい方の年級に属するものについては，生殖腺が未発達であることにより，雌雄の判別ができなかった．また，1976年11月から1977年3月までの期間の前記年級に属するものについては，雌雄の間に平均値の有意な差が認められなかった．そこで，これらの期間のそれらの年級群の全長の平均値と標準偏差については雌雄を区別せずに，こみにして扱った．

小型底びき網で採集された最小の個体は8月上旬頃にカバーネットで採集される全長10mm前後のものである．これらの個体は，その年に産卵され，浮遊生活期を終えて，底生生活に入ってきた個体である．雌雄と

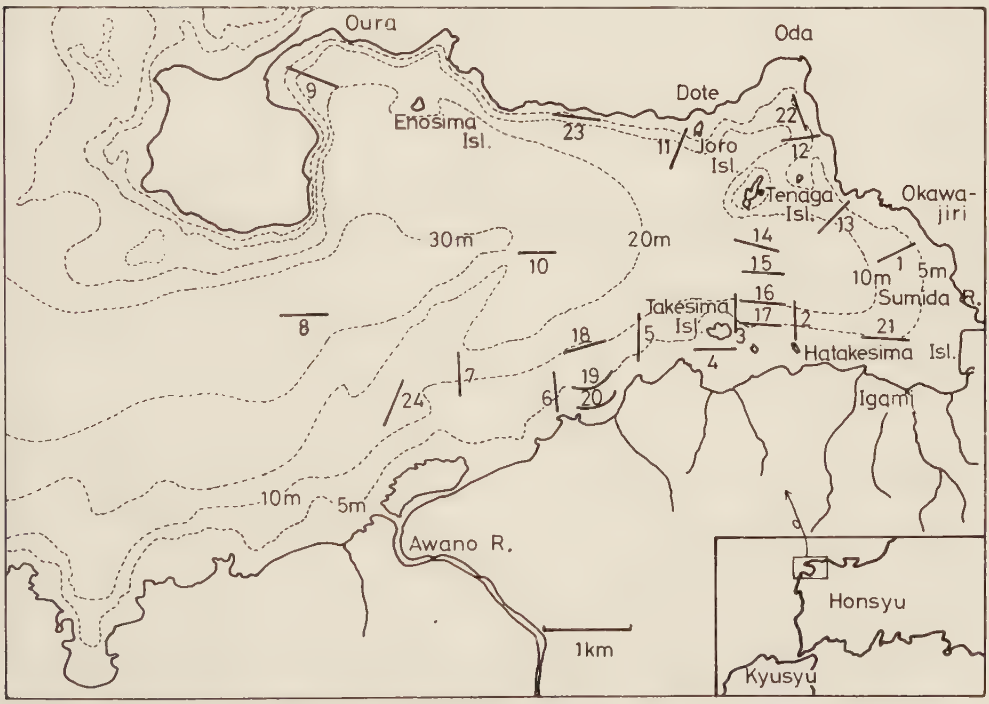


Fig. 1. 小型底びき網の調査定点
Stations for sampling by coastal small trawler.

Table 1. テンジクダイの漁獲尾数と調査尾数
Catch in number by experimental trawling and the number of specimens.

Date	Catch in number	Number of specimens	Date	Catch in number	Number of specimens
Apr. 24, 1976	124	69	Feb. 2, 1977	165	157
May 23, 1976	352	267	Mar. 15, 1977	54	31
June 7, 1976	281	281	May 24, 1977	91	91
June 23, 1975	418	129	June 9, 1977	139	116
July 8, 1976	1,216	571	June 23, 1977	86	86
July 26, 1976	96	66	July 6, 1977	72	63
Aug. 9, 1976	704	293	July 20, 1977	111	94
Aug. 24, 1976	1,039	630	Aug. 3, 1977	152	150
Sept. 8, 1976	436	385	Aug. 20, 1977	158	141
Sept. 21, 1976	736	648	Sept. 7, 1977	107	92
Oct. 12, 1976	642	609	Sept. 26, 1977	240	175
Nov. 8, 1976	535	424	Oct. 15, 1977	557	489
Dec. 13, 1976	280	258	Total	8,791	6,415

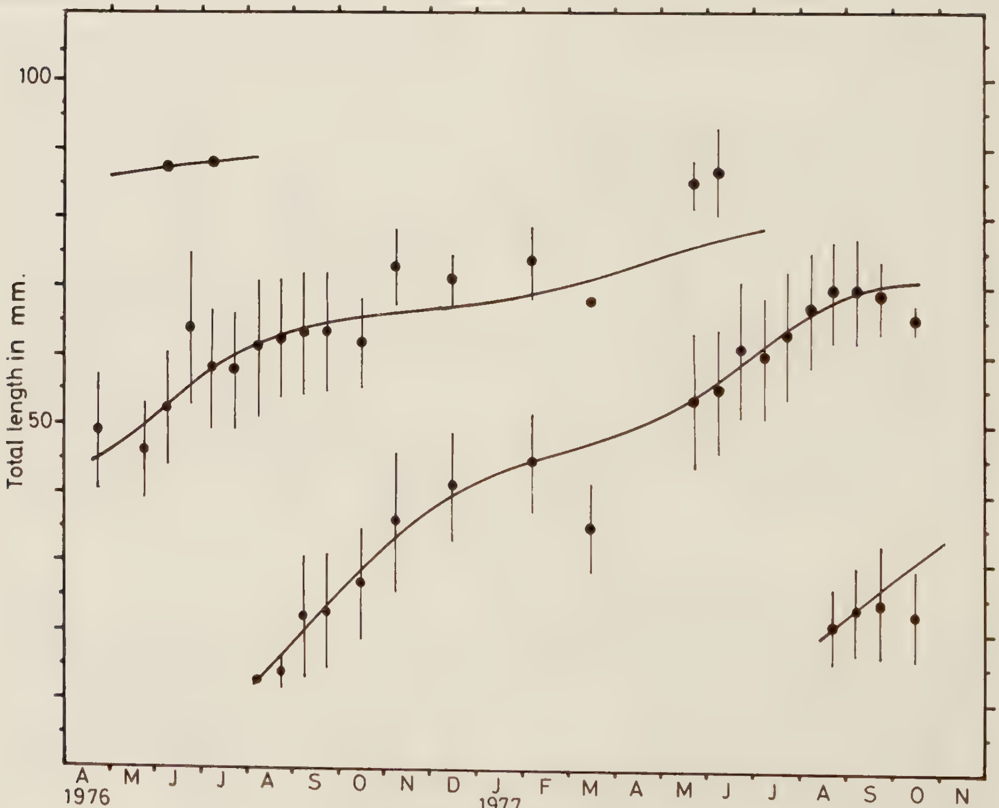


Fig. 2. テンジクダイ雄の成長曲線．黒丸は平均全長，縦線はその標準偏差
Growth curve of male Tenjikudai.
Black dot shows the mean total length and longitudinal line does the standard deviation.

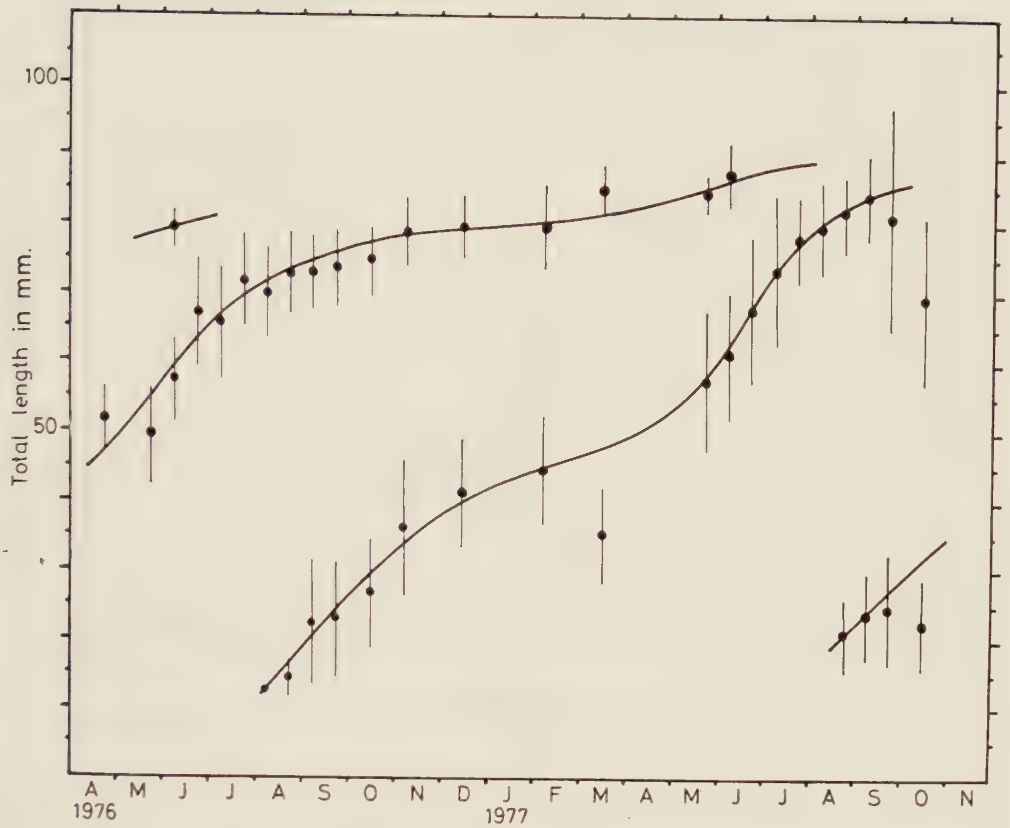


Fig. 3. テンジクダイ雌の成長曲線
Growth curve of female Tenjikudai.
Black dot shows the mean total length and longitudinal line does the standard deviation.

も，ふ化したその年の8月上旬から12月中旬までは急激な成長を行い，その後，翌年の5月頃まではゆるやかに成長する．5月以後，ふ化後満1年目を直前にする7月下旬までの期間は再び急激な成長を行うが，それ以後の成長速度は非常に遅い．ふ化後満2年目を直前とする7月下旬以後の2歳魚の出現は見られないので，テンジクダイは満2年目以後生き残るものはほとんどいないものと思われる．

雌雄の成長速度の差はふ化した翌年の3月までは見られないが，その後の成長速度は明らかに雌が雄よりも速い．ふ化後満1年目にあたる8月下旬の雌雄の平均全長の差は1975年級群では雌73mm，雄62mmと11mm，1976年級群では雌82mm，雄69mmと13mmである．満2年目の差は1975年級群では雌89mm，雄77mmとその差は12mmであり，満1年目の差と大きな違いはない．すなわち，雌雄の全長の差はふ化した翌年の5月から満1年目の8月下旬までの期間の成長速度の差に起因しているものといえる．

一方，年級群間にも成長差が見られる．1975年級群と1976年級群とでは1976年級群の方が成長がよく，ふ化後約満1年目の8月下旬の平均全長で，雌で約10mm，雄で約7mmの差が見られる．また，1976年級群と1977年級群の，ふ化したその年の8月下旬の平均全長では約3mm1977年級群の方が成長がよい．

Stn. 1～14の定点での採集結果にもとづき，各年級群ごとのCPUE（1網当り漁獲尾数）を求め，その経時変化をFig. 4に示した．1975年の採集物については体長組成等の測定を行っていないので年級群に分け

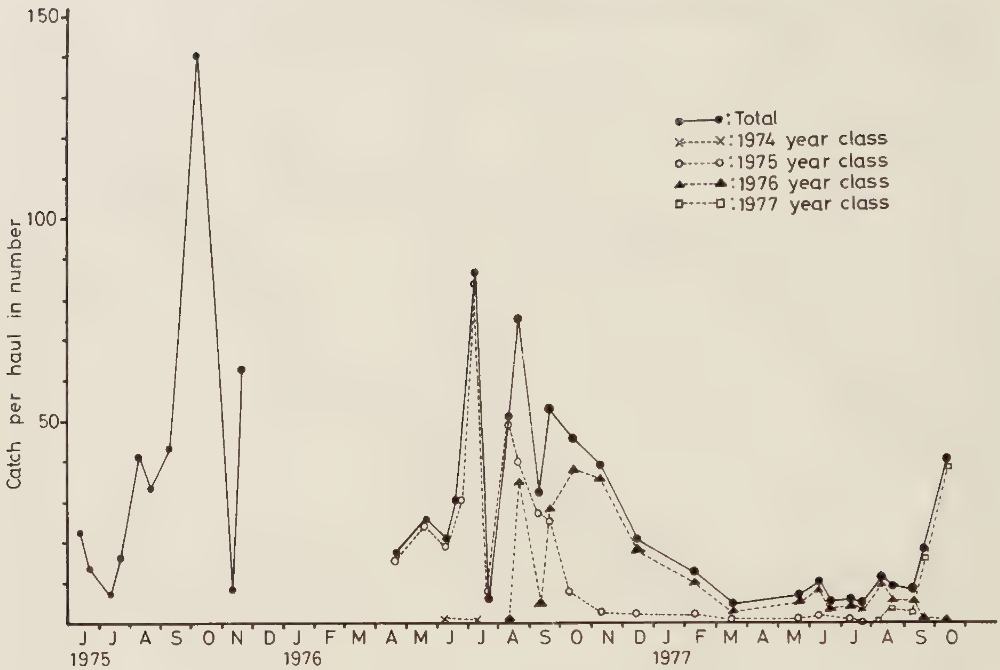


Fig. 4. 年 級 群 別 CPUE の 経 時 変 化
Temporal change in the catch per haul of each year class of Tenjikudai.

られなかった．CPUE の値が個体群密度を指標するものと考えれば，1975年級群は満１年目の1976年８月下旬以後急激に個体群密度が減少する．すなわち，８月下旬の 39.79尾から11月の2.29尾への１網当り漁獲尾数の減少である．1976年級群についての満１年目以後の調査は1977年９月と10月にしか行われなかったが，1975年級群と同様に満１年以後の急激な個体群密度の減少が見られる．後述するように，テンジクダイはその生活史のほとんどを湾内ですごすということから考えて，このことはテンジクダイが満１年目をすぎると急激な死滅過程に入り，その後の生残りが無視しうるほどに小さいことを表わしている．

ここで年級群別の発生量と成長速度との関係を見てみる．1975年の採集標本は年級群に分けられなかったが，1976年の10月と1977年の10月の採集標本のほとんどがその年に発生した年級群であるところから考えて，1975年10月の採集物もそのほとんどが1975年に発生した年級群であると考えられる．10月以降の CPUE の値で発生量の大小を比較すれば，発生量は1975, 1976, 1977年級の順に小さくなる．1975年級群と1976年級群の満１年目の平均全長を比較すると，前述のように1976年級群の方が雌，雄ともそれぞれ10㎜，７㎜程成長が速い．一方，1976年級群と1977年級群の間では満１年目の平均全長の比較はできないが，ふ化した当年の９，10月の平均全長ですでに３㎜ほど1977年級群の成長がよいことも前述した．ここで年による発生時期に大きな違いがないと仮定すれば，これらのことから考えて，テンジクダイの成長速度は密度の減少とともに増加する傾向があるものといえ，それは着底後１～２ケ月目の９，10月頃から現われるものといえる．

相対成長

テンジクダイは雄による口内ふ化でよく知られており，頭長あるいは下顎の口裂部の長さの全長に対する相対成長はその発育段階区分を行うに当りよい指標となる．そこで，1976年に採集した個体についてのそれらの相対成長を求めた．

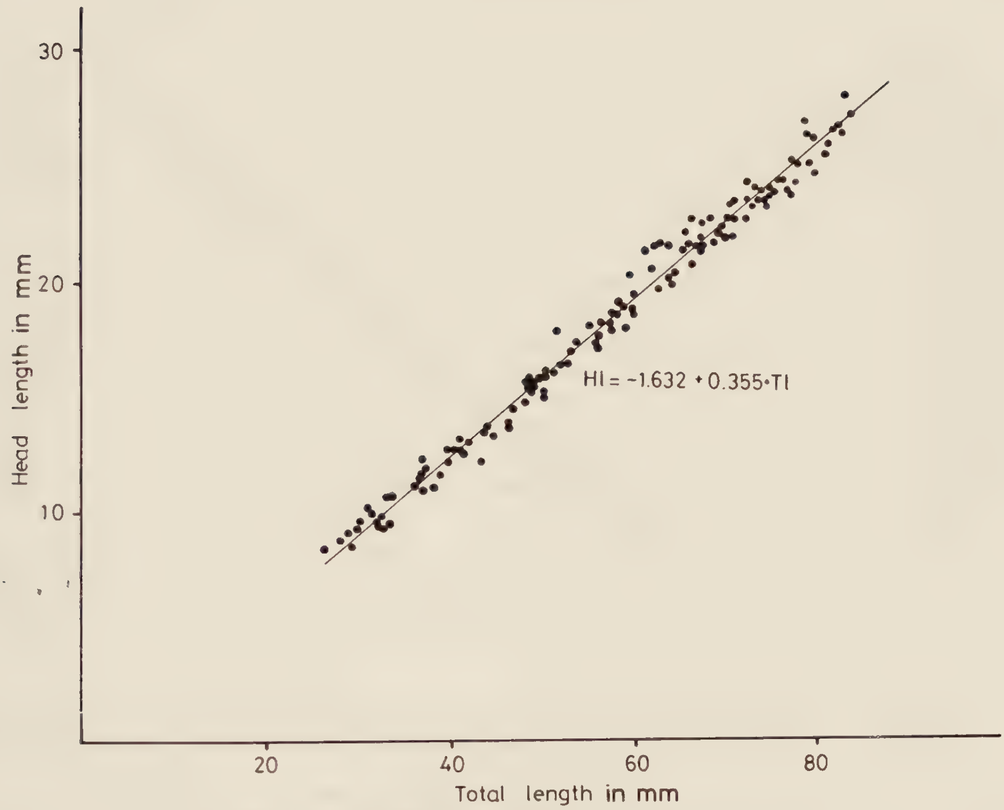


Fig. 5. 雄の頭長と全長の関係
Relation between head length and total length in male.

頭長と全長との間の関係には雌，雄ともに直線回帰があてはまり（Fig. 5，6），屈折点は認められず，雄では Hl = −1.632+0.355 Tl，雌では Hl = −0.340 +0.316 Tl となる．しかし，雌と雄の回帰係数の差の検定を危険率5％の t 検定で行うと有意な差が認められ，頭長の全長に対する相対成長は雄と雌とでは異なっているものといえる．

下顎の口裂部の長さと全長との関係では雄に屈折点が見られ（Fig. 7），全長50㎜附近で回帰直線に変化があり，50㎜未満の魚では Lm = −0.275+0.163 Tl で，50㎜以上の魚では Lm = 0.973+0.150Tl の回帰式があてはまる．両回帰式の回帰係数の差は危険率5％で t 検定を行うと有意ではないが，回帰定数の差には有意性が認められた．すなわち，2本の直線は平行であり，全長50㎜のところで階段状の変化をしているものといえる．この50㎜という全長は1975年級群の1976年6月上旬，1976年級群の1977年5月下旬の平均全長に相当する．一方，雌ではそのような相対成長の屈折は認められない（Fig. 8）．

後述するように，テンジクダイは発生後満1年目を直前にした7月下旬頃から生殖活動に参加するようになるが，50㎜という全長は生殖活動に参加する直前の時期の平均全長といえる．つまり，雄は生殖活動期を目前にして，口内ふ化のために口腔部の形態に変化がおこるものと思われる．回帰直線が階段状に変化するという特異な変化であることから考えると，下顎骨そのものの長さの全長に対する相対成長が変ったと考えるよりも，下顎が前方に突出した結果であると考えた方が理にかなっている．また，雄と雌で頭長の全長に対する相対成長が異なるのも口内ふ化と関連したものと考えられる．

生殖

産卵，ふ化されて越冬し，ふ化後第2年目を迎えた

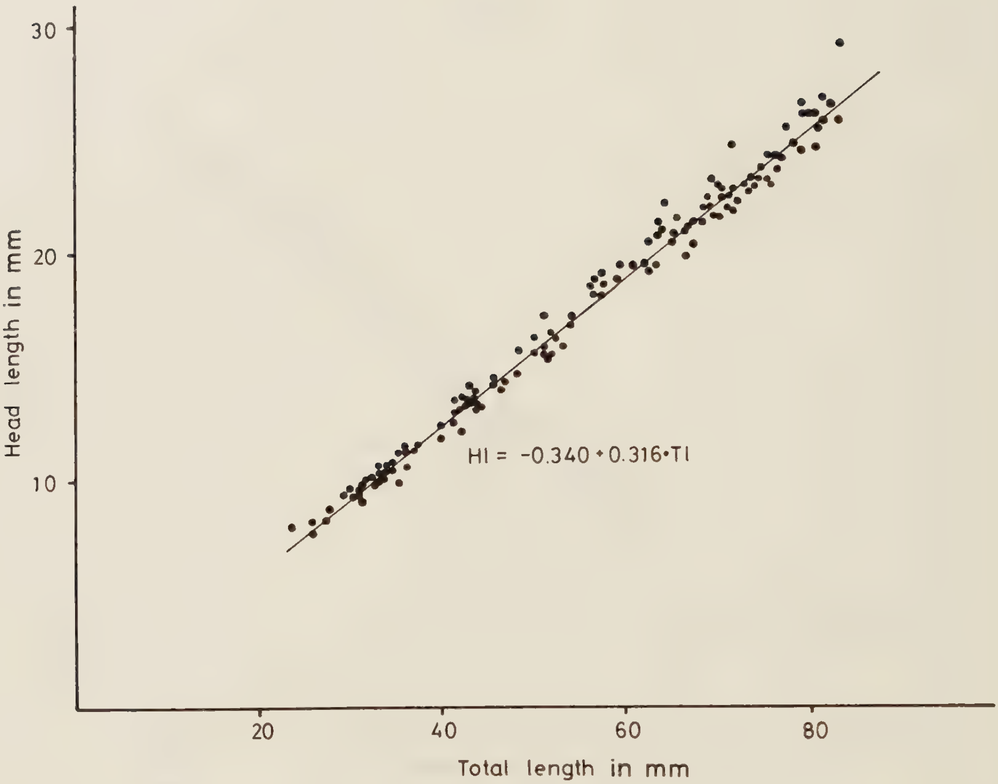


Fig. 6. 雌の頭長と全長の関係
Relation between head length and total length in female.

個体について，生殖腺指数（GI＝GW×10⁷/TL³·）を雌，雄別に求め，雄についてはその平均値の経時変化を，雌についてはその頻度分布の経時変化を Fig. 9, 10に示した．ただし，生殖腺重量が0.01ｇ以下のものについては GI＝0 として取扱った．

雄の GI 値の平均値は5月下旬頃から急激に大きくなり，8月下旬をピークとして翌年の5月中旬頃にかけて比較的ゆっくりと低くなる．しかし，その値は雌に比べて著しく小さく，その値の最も大きい8月下旬においてすら平均約 0.5でしかなく，季節変化の幅は極めて小さい．これに対して雌では季節変化の幅が極めて大きい．4月から6月までの期間は GI 値の小さい個体しか出現せず，頻度分布の範囲は極めて狭いが，7月下旬ごろから大きな GI 値を示す個体の割合が急激に増加し，頻度分布の範囲も広くなる．その後，9月下旬から10月中旬の間に再び急激に4月から6月までの期間と同じ状況にもどり，翌年の3月までその状態が続く．7月下旬から9月下旬までの期間，雌の GI 値の頻度分布には2つのモードが見られるが，値の高いモードの群は産卵直前の個体よりなるものと思われ，GI 値が20～40の値に達すると産卵を行うものといえよう．

これらのことから考えて，テンジクダイの産卵期は7月下旬から9月下旬までの比較的長い時間であると推察される．産卵期になっても雄の GI 値が著しく小さく，生成する精子の数が非常に少ないと考えられることと考え合わすと，テンジクダイは非常に効率的な受精を行う特異な生態を有するものと考えられるが，その具体的な中身についてはわからない．Usuki[1] はテンジクダイ科のクロホシイシモチ *Apogon notatus* の産卵，口内ふ化に先立つ雄雌の対の形成について観察を行っているが，テンジクダイにおいてもこのような対の形成の可能性は強く，効率的受精との関連で興味が持たれる．

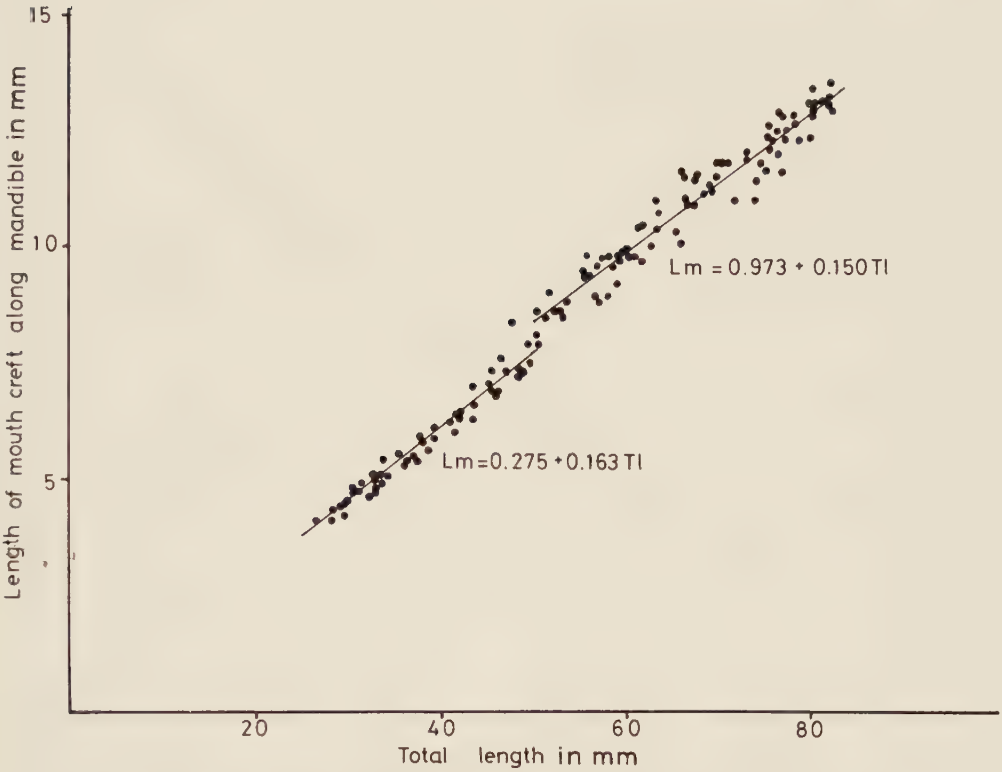


Fig. 7. 雄の下顎骨に沿った口裂の長さと全長の関係
Relation between the length of mouth creft measured along mandible and total length in male.

雄の口内ふ化中の個体の割合の季節変化は，GI 値の季節変化と共に産卵期に関する情報を与える．採集されたテンジクダイの雄には口内で卵をふ化中のものの他に，胃内から卵が出現するものも見られ，生殖活動盛期には口内から卵が出現する個体よりもむしろ胃内から卵が出現する個体の方が多い．胃内に見られる卵塊は阪本[2]が示したように，それらの親魚が採集された時に口内ふ化中の卵塊の一部を呑み込んだものと考えられる．口内及び胃内から卵が出現した 182個体のうち 181個体は雄であったが，8月24日に採集された雌親魚1個体の胃内にも卵塊が認められた．雨宮[3]は雌にも口内ふ化習性があると述べているが，油谷湾における調査結果はそのようなことは，極めてまれであることを示している．

口内および胃内に卵が認められるものの全雄親魚数に対する割合の季節変化を Fig. 11 に示す．卵の出現は7月下旬から10月中旬まで認められ，8月下旬に最も高い割合を示す．口内および胃内から卵が出現しはじめる時期は雌の GI 値の急激な上昇期と一致するが，出現しなくなる時期は雌の GI 値の下降期よりも後になる．この時期のずれはふ化に要する時間に起因するものと考えられる．

口内ふ化中の雄の全長の範囲は8月上旬53.2～82.0㎜，8月下旬47.7～83.9㎜，9月上旬48.5～82.3㎜である（Fig. 12）．口内ふ化を行っている最小個体の全長47.7㎜は雄の下顎口裂長と全長との関係が変化する全長50㎜とおおむね一致する．

口腔内の卵数と全長との関係を Fig. 13 に示す．この場合，胃内からも卵が出現した場合には，その卵数を口腔内の卵数に加えた．両者の間には明瞭な相関が認められ，このことは，口内ふ化中の雄がその口腔にすきまなく卵を保有していたことと関連するものと思われる．つまり，雄の口内ふ化卵数は全長の3乗に比例する口腔内容積により規制されているものと考えら

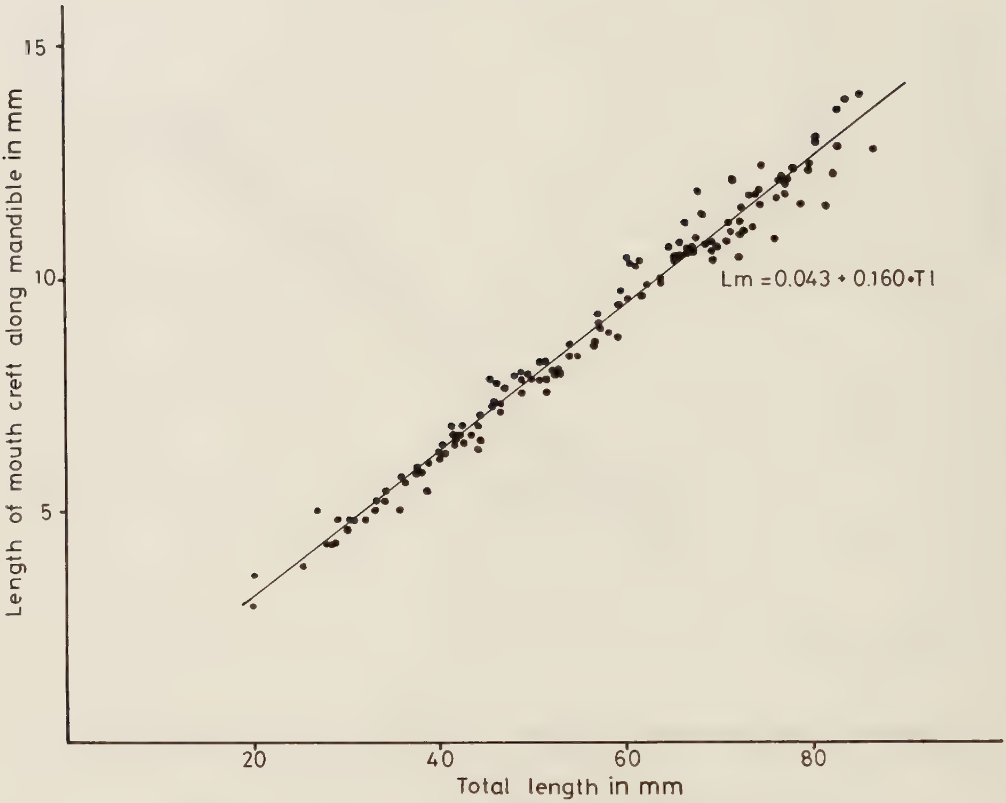


Fig. 8. 雌の下顎骨に沿った口裂の長さと全長の関係
Relation between the length of mouth creft measured along mandible and total length in female.

れる．その場合には論理的に言って当然口内ふ化卵数と全長との間には三次式があてはまるものと考えられるが，ここでは見かけ上あてはまる一次式 Ne = −14265.56 + 327.54 Tl をあてはめた．

産卵期の雌の卵巣を観ると，一部分幼若な卵がみられるものの，それとは卵径の明確に異なるほぼ完熟した卵が卵巣卵中のほとんどを占める．また，総排泄口を中心にした一部分に，排卵を示す濾胞細胞のみがみられる部分を有するものがある．そこで，7月上旬から9月下旬までの期間の卵巣卵数の組成を未放卵のものと一部分排卵したと思われるものとを区別して求めた（Fig. 14）．頻度分布は両者ともほぼ正規分布を示す．未放卵のものと一部分排卵のものの平均値の比較を行うと，5％の危険率で有意な差は認められなかった．このことは一部分放卵のものの大部分が総排泄门近くの極く小部分のみを排卵したものにすぎなかったことと関連するものと思われる．

一方，卵巣内のほぼ完熟した卵数と全長との間には Fig. 15 に示されるように Oe = −10222.091 + 242.978 Tl という正の相関が見られる．卵巣卵数の調査個体の全長組成は Fig. 16 に示されるようにほぼ正規分布を示していたので，卵巣卵数が正規分布を示したことはこのことの反映であるにすぎないものと思われる．

7月上旬から9月下旬までというかなり長期間のサンプルを込みにした卵巣卵数と全長との間の関係に正の相関が認められることは，それらの期間の成長を考慮に入れると一見不合理のように思える．4月下旬から10月中旬までの期間の雌の GI 値と全長との関係を同一の図上にプロットすると，全長60㎜以下の個体には GI 値の高いものは出現しないが，それ以上の全長の個体には GI 値の高いものが出現することがわかる（Fig. 17）．この変化は急激なものである．これらのことから考えてテンジクダイの雌は全長60㎜に達したものでなければ成熟過程に至らないことがうかがえ

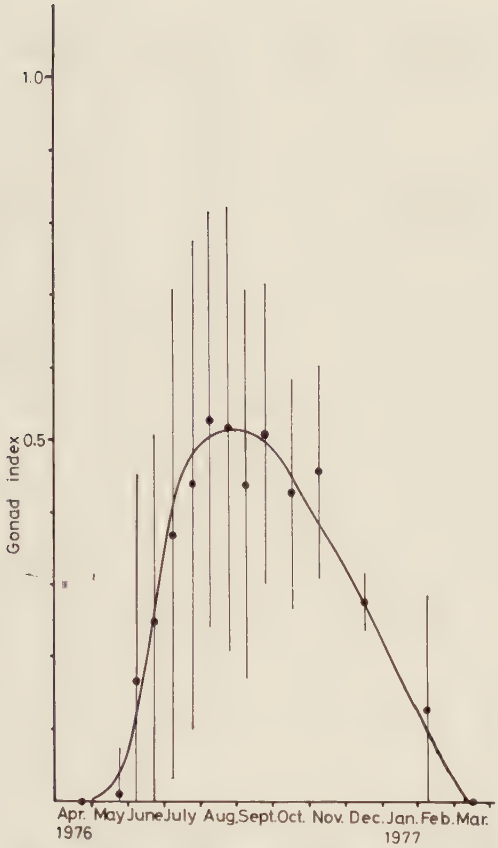


Fig. 9. 雄の GI 値（GI＝生殖腺重量 × 10^7/全長^3）の季節変化
Seasonal change in gonad index of male. Gonad index is expressed by the formula, GI＝Gonad weight × 10^7/Total length^3.

る．一方，産卵親魚の採集個体数の多い1976年の採集結果にもとづき1975年級雌親魚の全長組成の経時変化を Fig. 18 に示す．各調査時ごとの全長組成は正規分布を示すが，それぞれの時期に特徴的な歪みを生じていることがわかる．そこで，その歪みを3次の積率 m_3 を2次の積率 m_2 の$\frac{3}{2}$乗で割った値 $a_3 = m_3/(m_2)^{\frac{3}{2}}$（但し j 次の積率 $m_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}(x_i - \bar{x})^j f_i$，$n$：全個体数，$i = 1, \cdots\cdots, k$：階級，$x_i$：階級値，$\bar{x}$：平均値，$f_i$：階級 i における度数）で表わし，各調査時の標本中の最小個体の全長と最大個体の全長とともにそれらの値の経時変化を Fig. 19 に示す．歪みの値は5月の－0.18の値を除いて，4月から6月に至る期間プラスの値を示すことから，全長の頻度分布が全長の大きい方にすそをひいていることがわかる．その後，歪みの値は減少し，7月から8月に至る期間はマイナスの値を示し産卵期に入ると全長の頻度分布が全長の小さい方にすそをひくようになることがわかる．しかし，9月から10月に至る期間は再びプラスの値に転じて急激にその値を増し，産卵期の終りに再び頻度分布は全長の大きい方にすそをひくようになる．標本中の最小個体の全長の値は，産卵期の終りを迎える9月上旬までしだいに大きな値を示すようになり，60㎜に達するが，それ以後にはそれ以上の値を示すことはない．一方，最大個体の全長の値は産卵期に入る7月上旬までに急激に大きな値を示すようになり90㎜前後に達するがそれ以後，その値が大きくなることはない．

これらのことから次のようなことが言えよう．産卵期に入ったときに全長60㎜以上に成長していた雌は産卵期間中活発に生殖腺形成を行い，成長はほとんどしないものと考えられる．一方，産卵期初期になっても全長60㎜に達していない雌は順次成長をし，全長60㎜に達し，その後もっぱら生殖腺形成を行うようになるものと思われる．産卵期における雌の全長組成の平均値のゆるやかな増大は全長組成の歪みの変化に起因するものであり，卵巣形成を行いながら成長を行った結果とは考えられない．さらに産卵期の終期の9月上旬以後に全長組成が全長の大きい方にすそをひくようになることは産卵を終えた後，大型の個体から順次死亡してゆくことを示しているものと考えられる．7月上旬から9月下旬に至る比較的長期間のサンプルにもとづく，卵巣卵数と全長との間に正の相関が見られることは，卵巣卵数を計数した個体が全長60㎜以上の個体であったことと（Fig. 16），卵巣形成を活発に行うようになる全長60㎜以上の個体はほとんど成長を行わないということと関連するものといえる．

先に述べたようにテンジクダイの成長速度は個体群密度の減少とともに増加するものと思われ，1975年級群と1976年級群とでは産卵期には雌で約10㎜，雄で約7㎜程1976年級群の方が成長がよかった．この成長差が生じた場合，雌の卵巣卵数で1個体平均 2,100個，22.5%，雄の口内ふ化卵数は1個体平均 2,200個，27.5%も1976年級群の方が多いことになる．このようにテンジクダイの一個体当りの発生量は全長に比例する口腔内容積により規定されることにより親魚密度の

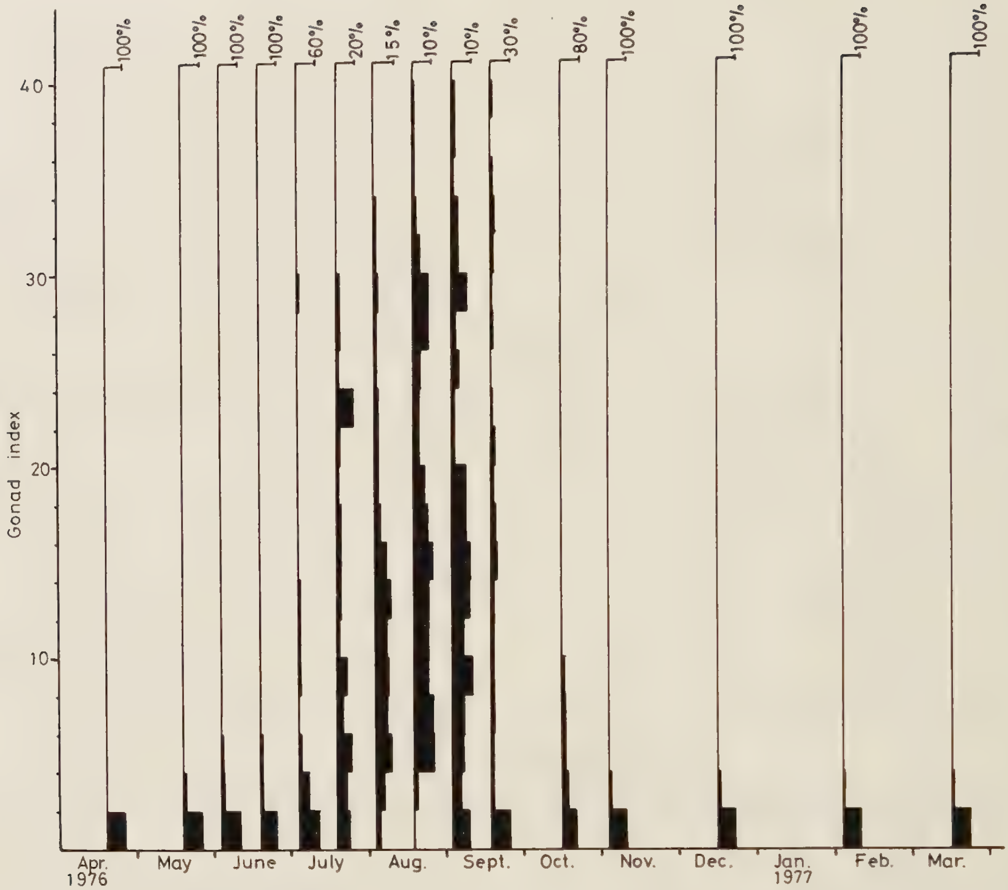


Fig. 10. 雌 の GI 値 組 成 の 季 節 変 化
Seasonal change in the composition of gonad index of female. Gonad index is expressed by the formula, GI＝Gonad weight × 10^7/Total length^3.

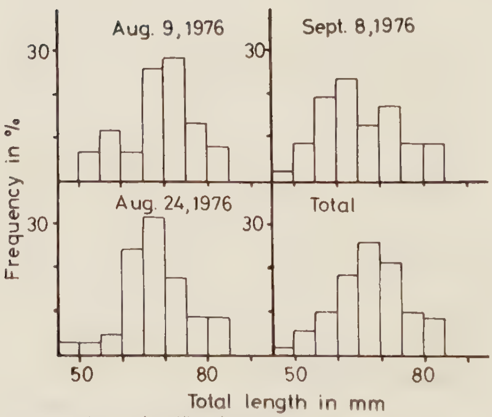


Fig. 12. 口内ふ化中の雄の体長組成
Total length composition of males breeding the eggs.

影響を大きく受けることは明らかである．

分布・回遊

分布・回遊を明らかにするために，1976年4月下旬から1977年9月下旬までの期間について，各年級群ごとに，各採集地点での採集尾数を Fig. 20 に示した．

1975年の7月下旬から9月下旬までの間に産卵され，ふ化した1975年級群は翌年の1976年4月下旬には湾口部の Stn. 8 で最も多く採集されたが，この採集点よりもさらに沖合にも高密度生息域があるのか否かについては明らかでない．その後，5月，6月と季節が進むに従い湾央部の Stn. 10 での生息密度が高くなり，しだいに生息域を湾の奥部へ移すようになる．そ

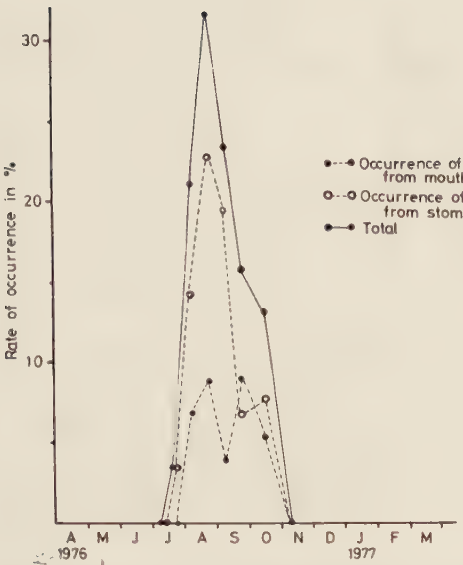


Fig. 11. 雄の胃及び口から卵が出現した個体の割合の季節変化
Seasonal change in the rate of occurrence of eggs from stomach and mouth of male.

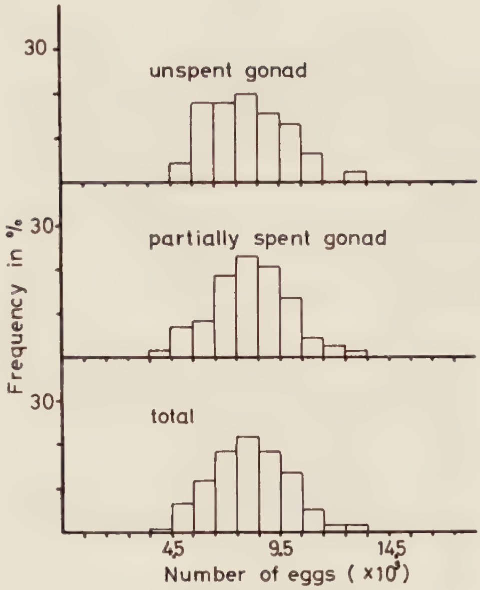


Fig. 14. 卵巣卵数組成
The composition of number of ovarian eggs.

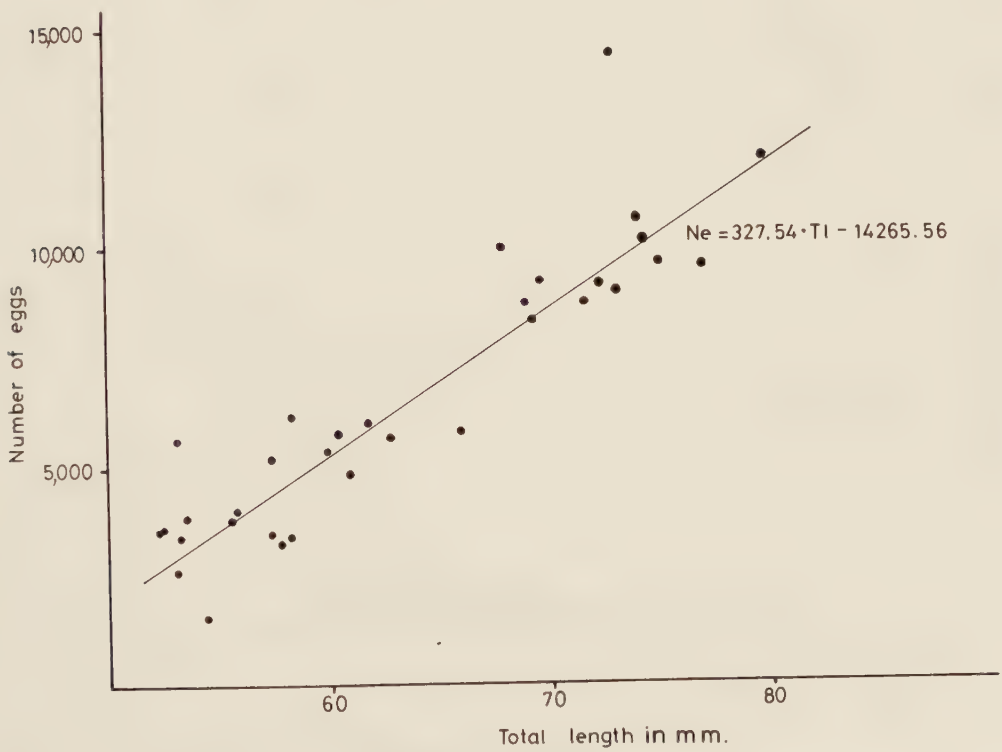


Fig. 13. 雄の口内ふ化中卵の卵数と全長との関係
Relation between the number of eggs occurred from mouth and stomach and total length.

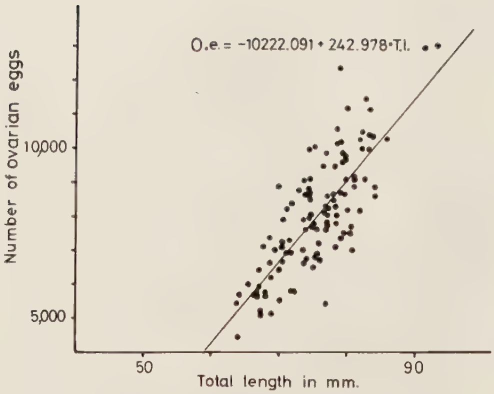


Fig. 15. 卵巣卵数と全長との関係
Relation between the number of ovarian eggs and total length.

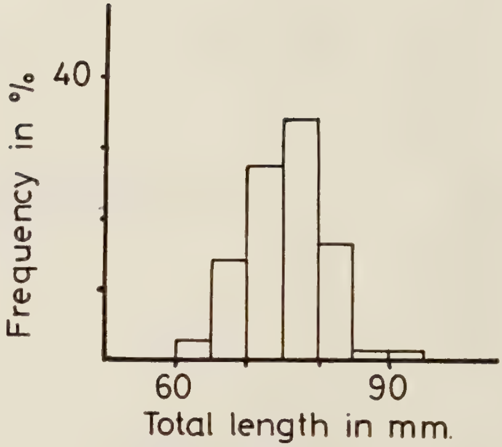


Fig. 16. 卵巣卵数計数に用いた雌の全長組成
Total length composition of the fish used for the calculation of number of ovarian eggs.



Fig. 17. 雌 の GI 値 と 全 長 と の 関 係
Relation between gonad index and total length in female.

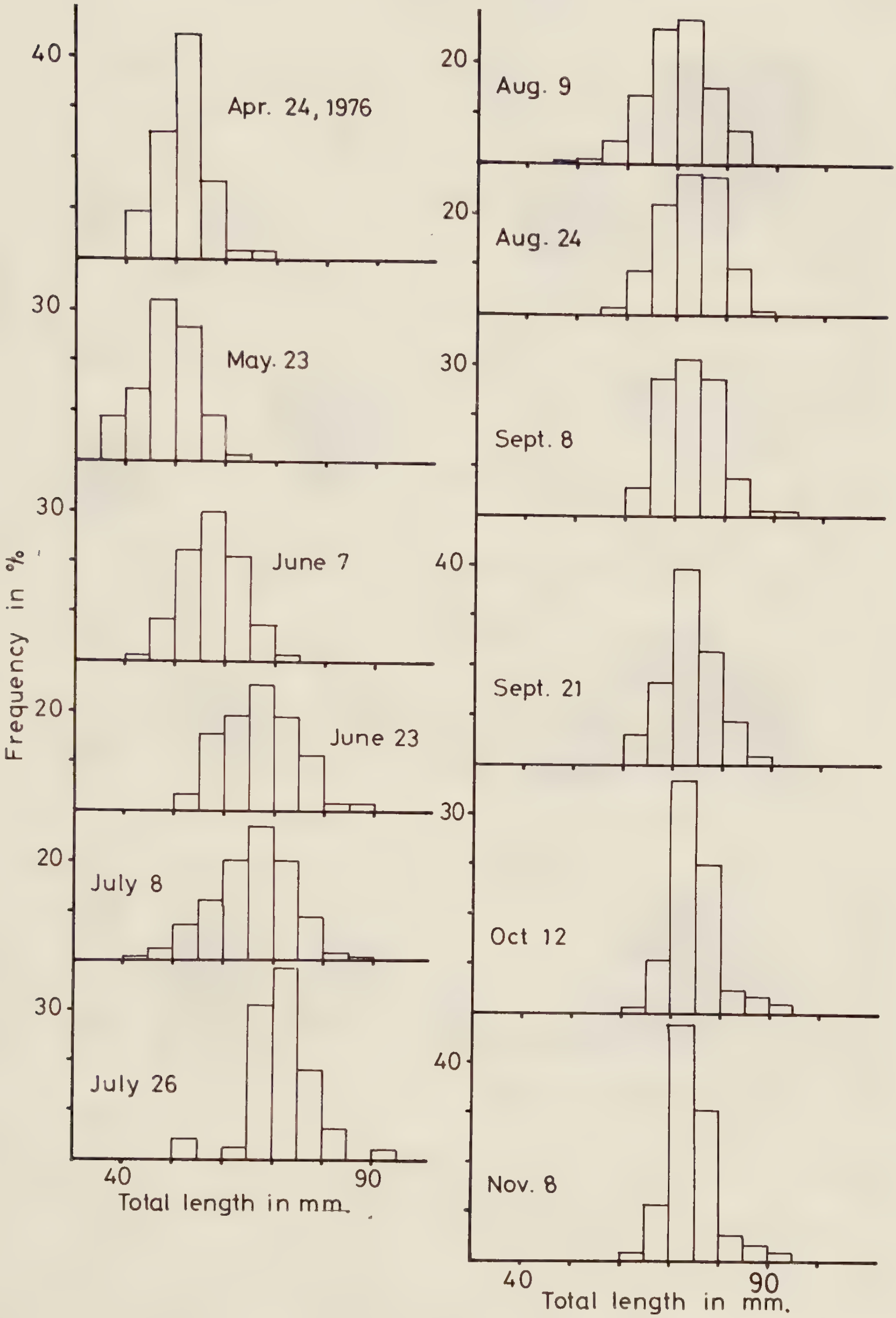


Fig. 18. 1975年級雌の全長組成の経時変化
Temporal change in total length composition of 1975 year class.

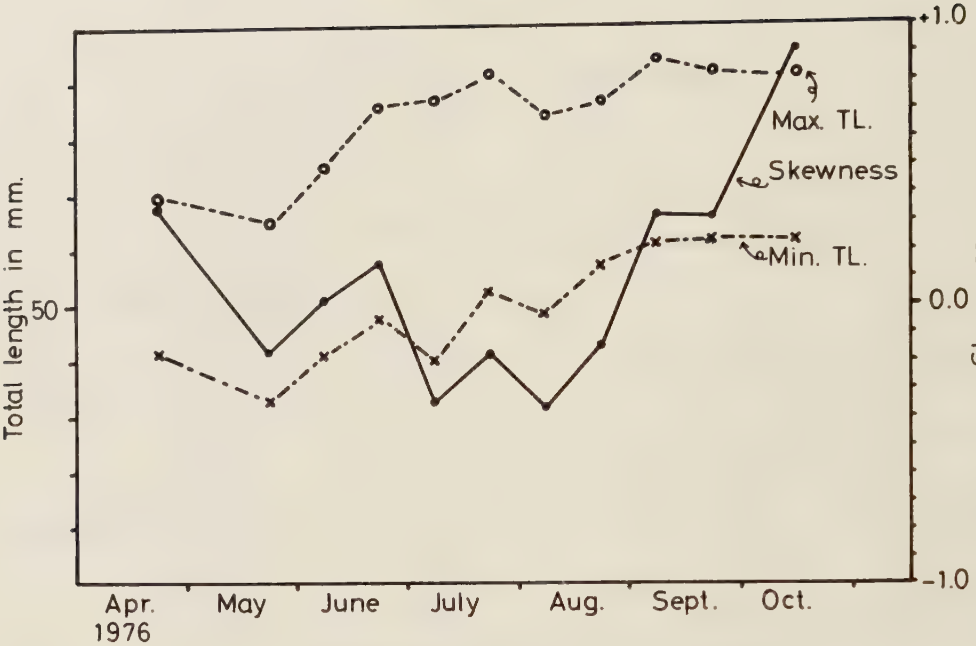


Fig. 19. 1975年級雌の全長組成の歪み度，最小全長，最大全長の季節変化

歪み度 $a_3=m_3/(m_2)^{3/2}$, $m_j=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}(x_i-\bar{x})^j f_i$.（$x_i$：階級値，$\bar{x}$：平均値，$f_i$：頻度）

Temporal changes in the skewness of total length composition and minimum and maximum total length among the fish in each sample. Skewness is expressed by the formulla, $a_3=m_3/(m_2)^{3/2}$, $m_j=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{k}(x_i-\bar{x})^j f_i$, where n: number of specimens, x_i: value of class, $\bar{x}$: mean, f_i: frequency.

して，産卵期を目前にした7月上旬には湾奥部のStn. 12, 13, 1に集中した分布を示すようになる．7月下旬から9月下旬に至る産卵期間中もその分布パターンは基本的には変わらず，Stn. 11, 12, 13, 14, 1という湾奥部の南岸を除いた海域に集中分布をする．しかし，8月下旬ごろから翌年の3月にかけて次第に各採集地点での採集尾数は減少してゆき，1977年3月中旬にはほとんど採集されなくなる．この期間，各採集地点間の相対的な生息密度の変化は見られず，回遊が行われているとは思われない．

1975年級群により1976年7月下旬から9月下旬の間に産卵され，ふ化し，底生生活に入った1976年級群は，1976年8月上旬頃に湾奥部の Stn. 11, 13, 14, 3で初めて採集される（Fig. 21）．8月下旬には湾奥部，とくに Stn. 11, 12, 13, という湾奥部南岸域を除いた海域において高密度で採集されるようになる．その後湾央部，湾口部での採集尾数も増加し，湾央部を経て湾口部へ移動してゆく様子がうかがえる．湾口部で越冬した1976年級群の1977年3月以後の生息密度は低く，1975年級群の場合ほど明確に湾奥部へ向けての移動の様子はうかがえないが，産卵期には1975年級群の場合と同様に湾奥部への集中分布が認められる．しかし，1975年級群で見られたような北側への分布の片寄りはそれ程明瞭ではない．

1976年級群から発生した1977年級群の1977年8月上旬から9月下旬までの期間の分布パターンは基本的には1976年級群のものと変わらない（Fig. 22）．

テンジクダイの分布・回遊を発育段階との関連でとりまとめると次のようになる．産卵され，雄の口内でふ化された稚魚は8月上旬から小型底びき網により採集されるようになる．底生生活に入った未成魚は，8月上旬から9月上旬までの期間に，湾奥部に著しく集

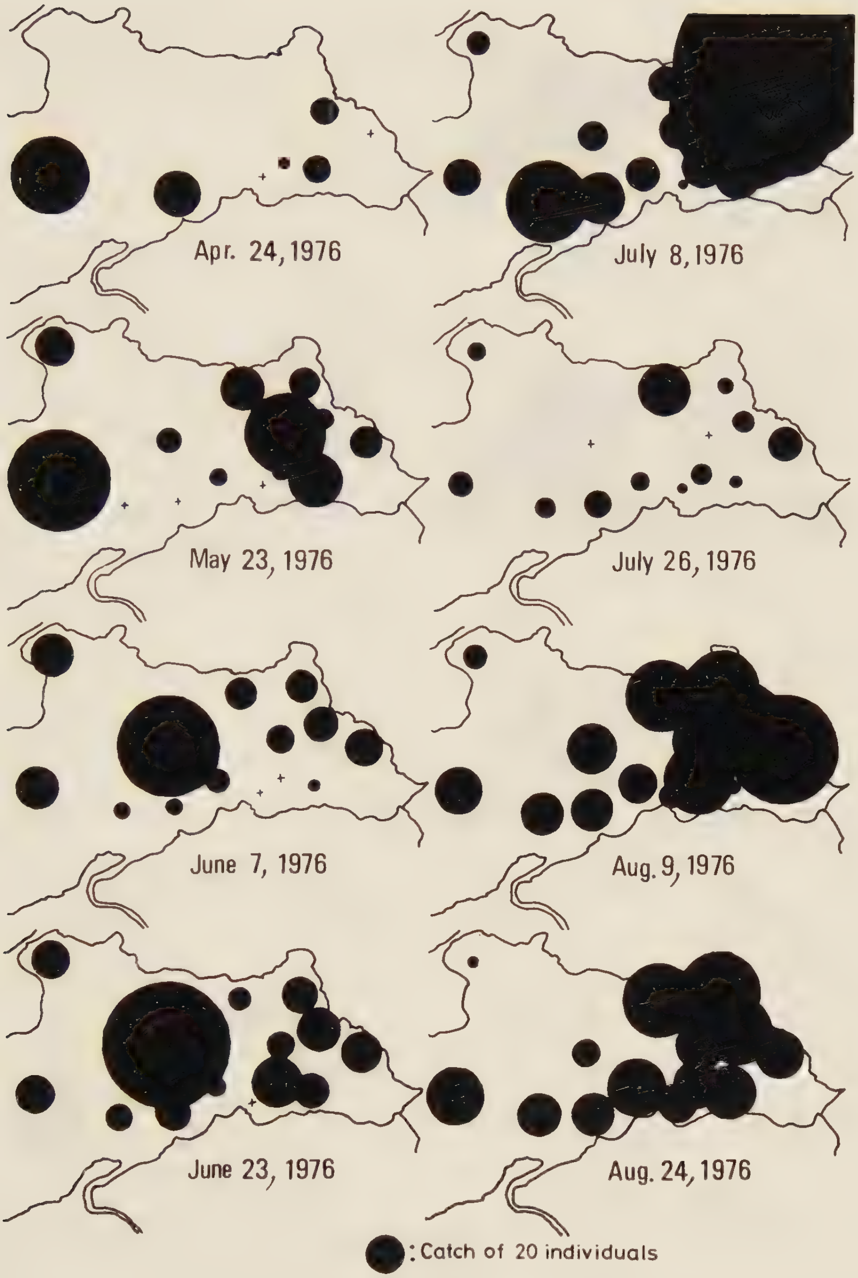


Fig. 20. 1975年級群の分布の季節変化
Distribution of 1975 year class of Tenjikudai and its seasonal changes.

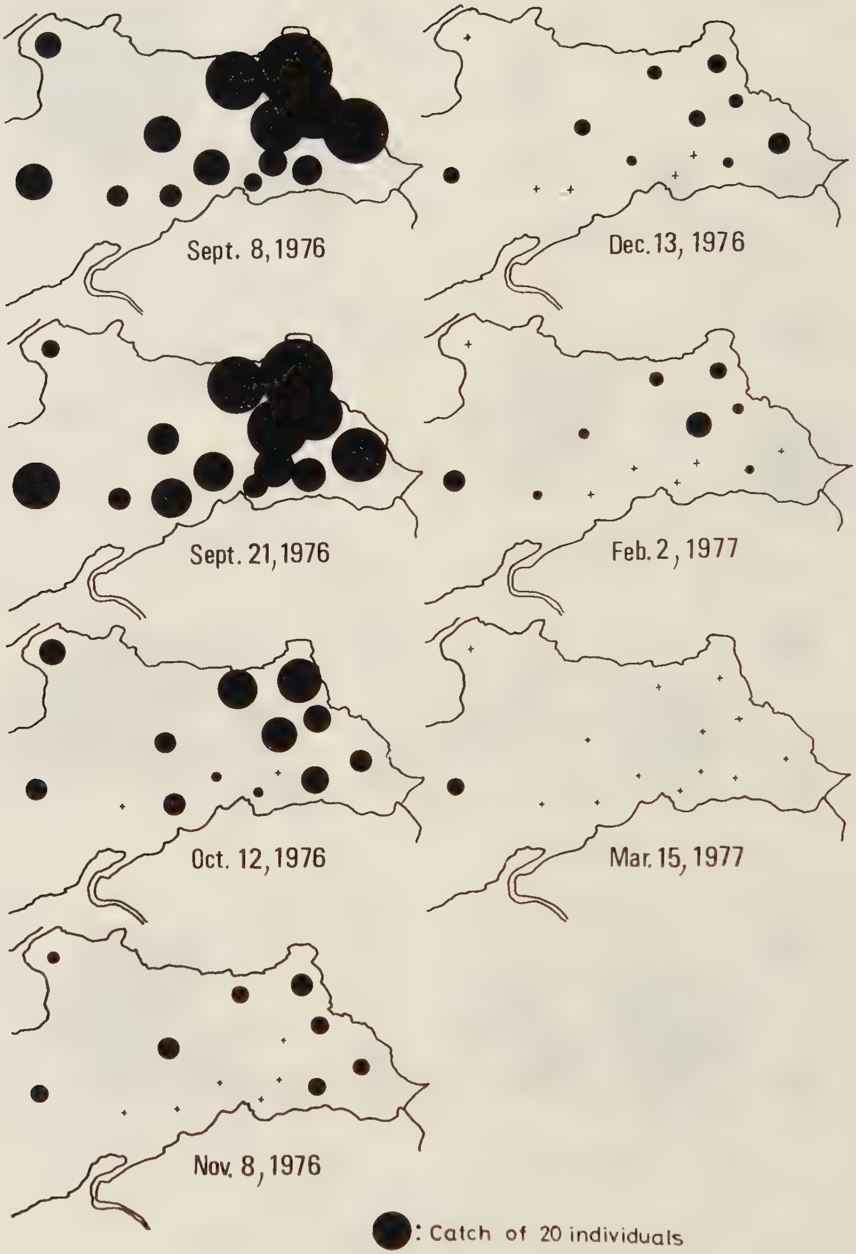


Fig. 20. （つづき）
continued.

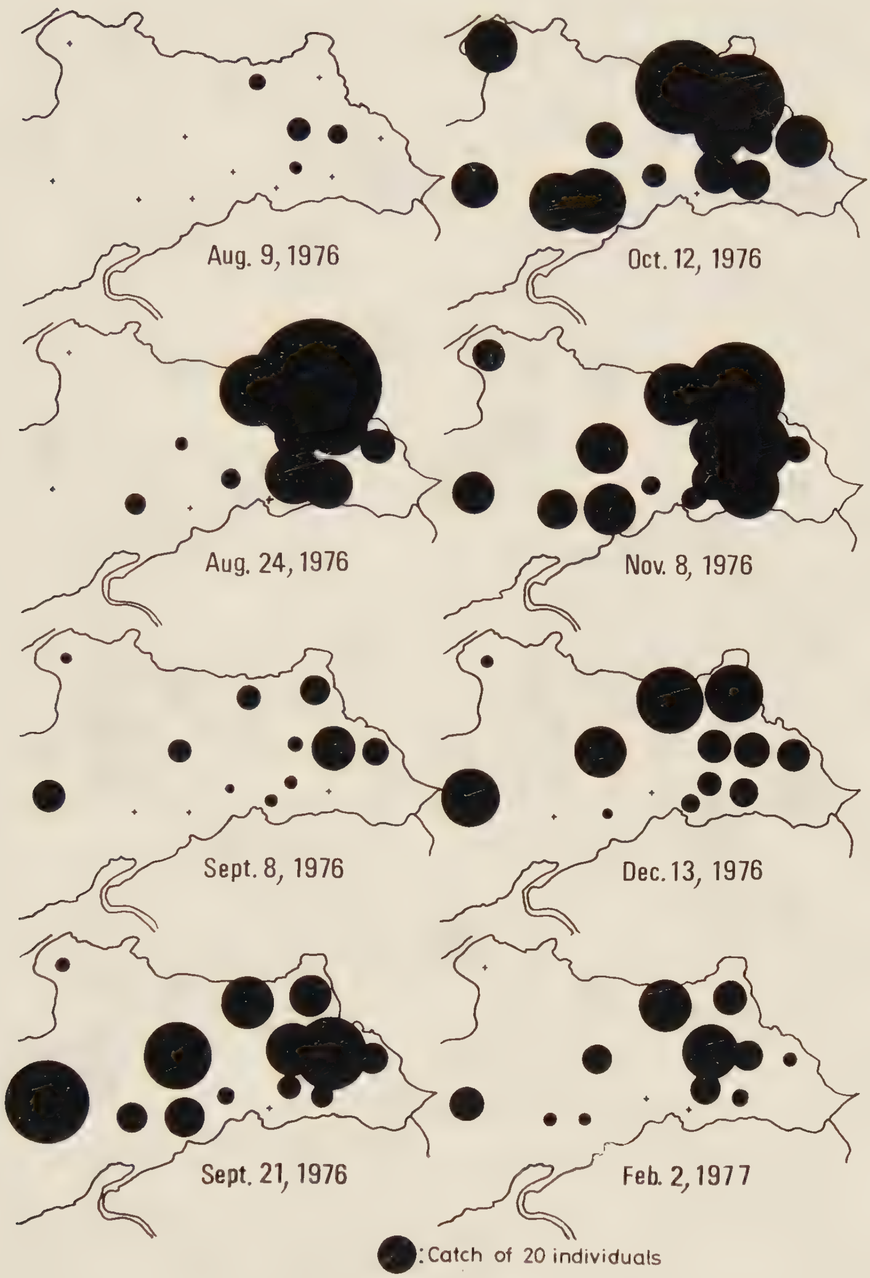


Fig. 21. 1976年級群の分布の季節変化
Distribution of 1976 year class of Tenjikudai and its seasonal changes.

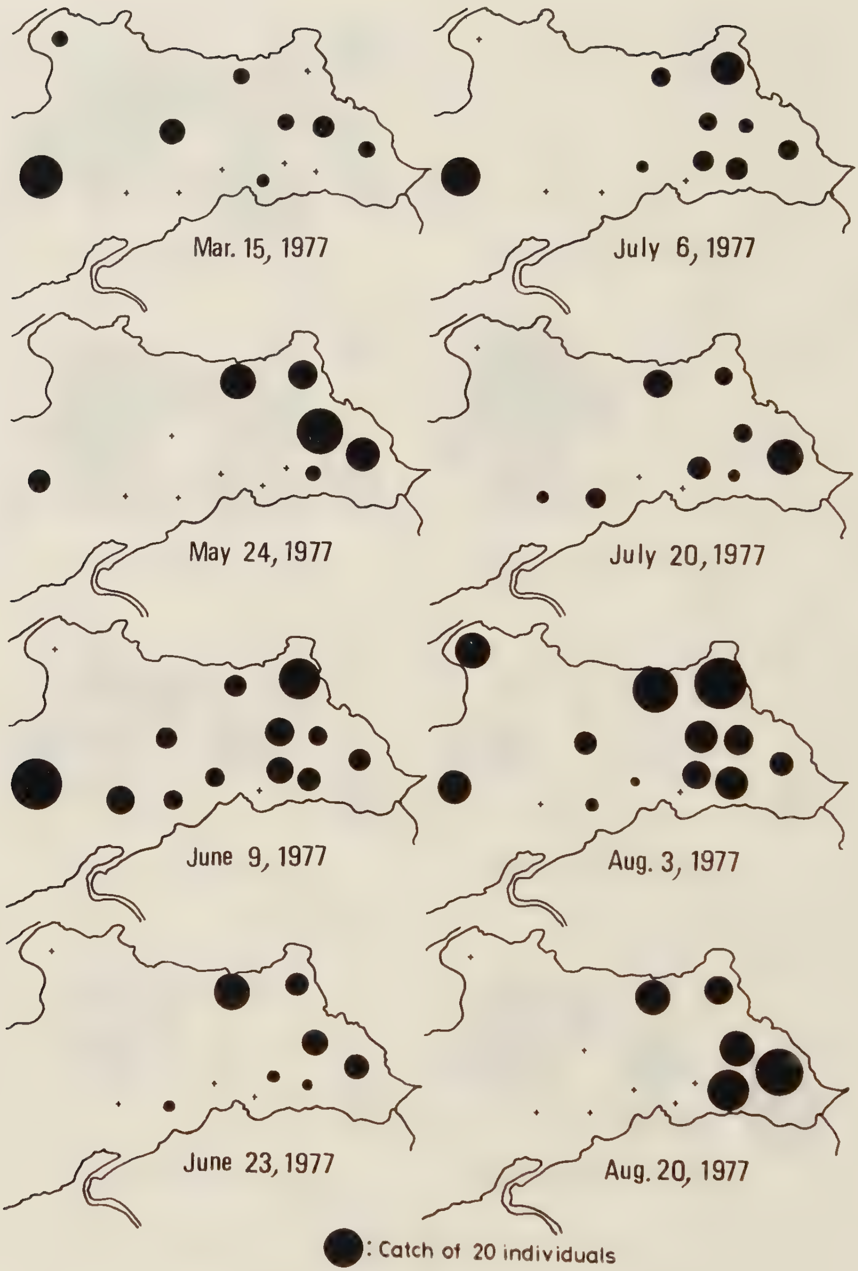


Fig. 21. （つづき）
continued.

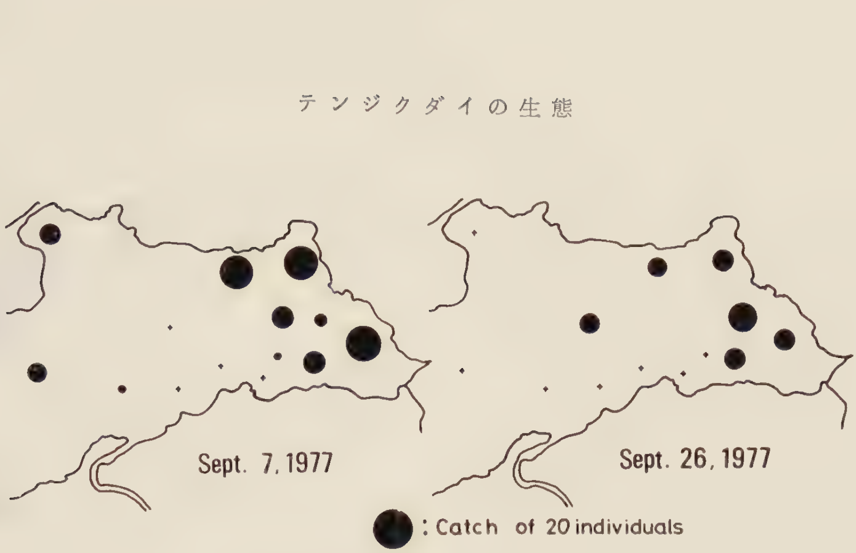


Fig. 21. （つづき）
continued.

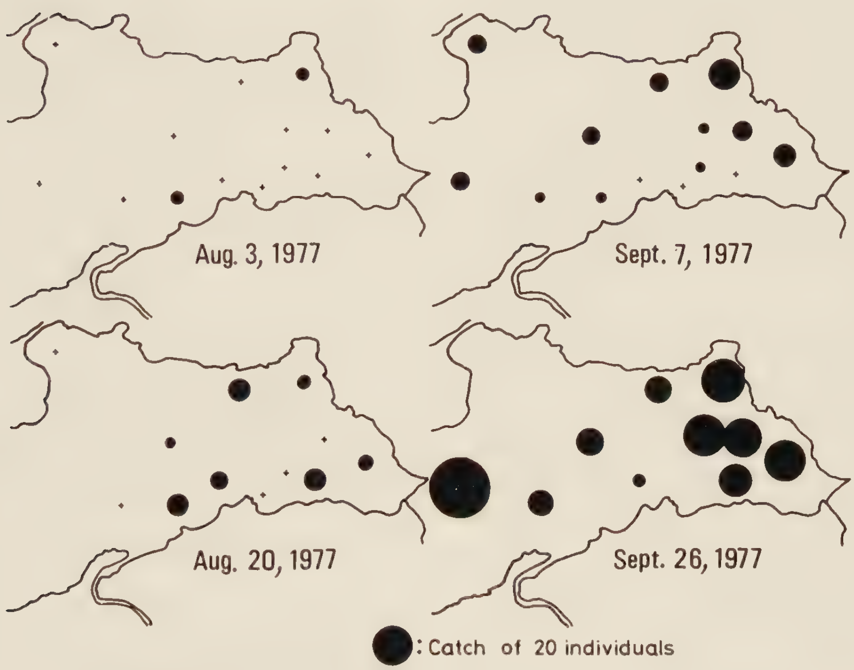


Fig. 22. 1977年級群の分布の季節変化
Distribution of 1977 **year class of Tenjikudai and its seasonal changes.**

中して分布するが，その後次第に湾口部へ移動すると思われる．生殖活動を終了した成魚は，その後回遊することなく急激に死滅してゆき，満2年という寿命を全うするものは極く少数である．湾口部に移動した未成魚は翌年の3月から5月下旬までそこで越冬し，6月上旬から次第に湾奥部への移動を開始する．7月上旬頃に湾奥部に集結し成魚期に達したテンジクダイは，急激な生殖腺形成を行い，7月下旬から10月中旬にかけて産卵を行う．雄は，7月下旬から11月上旬にかけて口内ふ化を行う．

井上[4]の油谷湾における底質の調査結果によると，Stn. 3，4，5，6，7 に相当する湾南岸域の底質の粒度は粗く，その中央粒径値は1～2ϕであり，その他のStn. に相当する海域での底質の粒度は小さく3～

8 ϕ の値を示し，湾内には外洋から湾南岸域を径て反時計回りに回る恒流が想定されるという．さらに，俵・大内[5]も湾内での連続観測による測流結果，および第七管区海上保安本部の資料にもとづき，湾内では外洋水は湾口南岸寄りに流入し，内湾水が湾口北寄りに流出する反時計まわりの環流が形成されると述べている．又，OGAWA *et al.*[6] の調査によると粟野川の流入による河川水は Stn. 5，6 附近の極く沿岸沿いに流出し，掛渕川による影響は Stn. 1，11，12，13，14の海域に及ぶという．これらのことから考えて，湾南岸域は外洋水の流入の影響を直接受け易く，湾奥部の Stn. 11，12，13，14，1，2，3 の海域は内湾性の強い海域であり，Stn. 8，10の湾央部あるいは湾口部はその中間的性格の海域であるものと思われる．このことは水産庁[7]による底生生物の種組成の採集地点間の類似度あるいは内湾性，外洋性の指標種の分布の解析によっても裏付けられる．全調査期間を通じて，テンジクダイの Stn. 5，6，7 における生息密度は 1，2 の例外を除いてかなり低い．これらのことから考えて，テンジクダイの生息域は外洋水の影響を直接受けない内湾性海域であると言えよう．さらに．産卵集結の海域が最も内湾性の強い海域であることは生態的な適応という観点から見た場合，稚仔の拡散，流出との関係で興味深いものがある．森（未発表）の資料にもとづく，稚魚網による浮遊期稚仔の1000㎥当り採集尾数を Fig. 23 に示すが，浮遊期稚仔は湾奥部に集中分布し，それ以外の海域における採集尾数は極めて少ないことは明らかである．このことは湾奥部外へ流出した卵稚仔の死滅を示すか，あるいは湾外域というテンジクダイの適応水域外へ稚仔が流出することを防ぐ，何らかの生物学的あるいは非生物的メカニズムの存在を暗示しており，湾の海洋構造との関連で興味ある問題である．

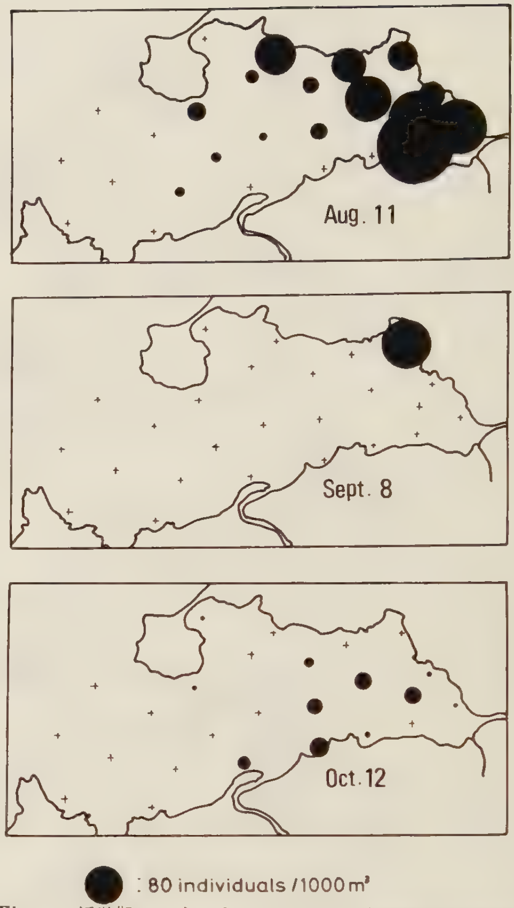


Fig. 23. 浮遊期テンジクダイの分布（森：未発表資料による）
Distribution of the planktonic larvae of Tenjikudai caught by larva net (MORI: unpublished).

要　　約

1. 7月下旬から 9 月下旬にかけて産卵され，ふ化したテンジクダイは，満 1 年目にあたる翌年の 7 月下旬から 9 月下旬に生殖活動に参加し，その後急速に死滅し，満 1 年目以後生残るものは極めて少数である．
2. ふ化し，底生生活に入った後，その年の12月までと，翌年の 5 月から産卵期を迎える 7 月頃までの期間のテンジクダイの成長速度は速いが，その他の期間はゆるやかな成長を示す．とくに満 1 年目以後の成長は極めて小さい．雌の成長は雄よりも速く，満 1 年目で約11〜13㎜ほど平均全長が大きい．また，成長の年変動も見られ，成長速度は密度の減少とともに増加するものと思われる．雌雄の成長差はふ化後の翌年の 5 月から 7 月までの期間の成長速度の差に起因し，成長の密度に関連した変化は底生生活に入った後 2〜3 ケ月目の10月頃から現われはじめる．

3. 頭長の全長に対する相対成長は，雄と雌とで異なり，また，雄の口裂の下顎に沿った長さの全長に対する相対成長は全長約50mm附近で階段状に変化する．これらのことは雄の口内ふ化と関連するものと考えられる．
4. テンジクダイの産卵期は7月下旬から9月下旬に至る期間であり，雄の口内ふ化は10月中旬まで続く．雄の生殖腺は産卵期においても極めて小さく，口内ふ化と関係した特異な産卵生態の存在を推測させる．
5. 雄の口内ふ化卵数は全長に正比例する口腔内容積により規制されるものと思われ，口内ふ化卵数と全長の間には Ne = 327.54Tl − 14265.56 という直線回帰があてはまる．全長50mm以下の雄で口内ふ化を行っていた雄は採集されず，雄の生殖活動に参加する最小全長は50mmと考えられる．
6. 雌の卵巣卵数と全長との間には Oe = 242.978 Tl − 10222.091 の直線回帰式があてはまる．7月下旬から9月下旬に至る長期間のサンプルにもとづいての解析でこれらの結果が得られたことは，卵巣形成を活発に行うようになる全長60mm以上の雌がほとんど成長を行わないことに起因するものと考えられる．
7. 5，6に述べたことと，成長速度が個体群密度の増加とともに減少することから考えて，テンジクダイの1個体当り発生量は密度の増加とともに減少するものと考えられる．
8. ふ化し，底生生活に入った未成魚は，8月上旬から9月上旬までの期間，湾奥部に著しく集中して分布し，その後順次湾口部の深所に回遊し越冬する．越冬を終えた未成魚は6月上旬頃から湾奥部への移動を開始し，7月上旬頃には湾奥部に著しく密集して分布する．成魚期に達したテンジクダイは7月下旬から9月下旬にかけてそれらの海域で産卵，口内ふ化を行う．口内ふ化を終えた成魚は翌年の3月に至る期間に回遊を行うことなく，急激に死滅してゆく．
9. 外洋水の影響を強く受ける海域におけるテンジクダイの生息密度は内湾性の海域よりもかなり低く，その主要生息域は沿岸性水域であるといえる．産卵集結する海域が内湾性の最も強い海域であることを含め，稚仔の外洋水域への拡散，流出を防ぐ何らかの適応機構が存在するものと考えられる．

文献

1）H. Usuki 1977: Underwater observations and experiments on pair formation and related behaviour of the apogonid fish, *Apogon notatus* (Houttuyn). *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **XXIV**, 223-243.

2）阪本喜代松 1931：テンジクダイの口内孵化に就て．水産講習研報，**26** (1)，9-10.

3）雨宮育作 1934：テンジクダイの口内哺育は雄か雌か．水産学会報，**5** (4)，392.

4）井上尚文 1980：油谷湾の海底地形と堆積物の粒径分布．西水研研報，(54)，1-14.

5）俵 悟・大内 明 1980：油谷湾の海況および隣接海域の流況について．西水研研報，(54)，15-44.

6）Y. Ogawa, T. Nakahara and R. Tanaka 1977: Hydrographic Nature of Coastal Fishing Grounds in the Southwestern Japan Sea. *Bull. Seikai Regional Fish. Res. Lab.*, (50), 73-126.

7）水産庁 1975：底生生物．特定地域(油谷湾)漁業振興および環境整備基本計画調査報告書，72-79.

平戸島志々伎湾の海底地形と海底堆積物の特徴

木曾　克裕*

The Bottom Topography and Grain Size Distribution of Bottom Sediment in Shijiki Bay, Hirado Island

Katsuhiro KISO*

As the basic informations for the studies on the ecology of O-group red sea bream, *Pagrus major*, the general topography and sedimental structure were investigated in Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.) in 1975. Bottom sediments were sampled with SK type dredge and grain size were analyzed by sieving method.

The mouth part of the bay has the depth of 30~40m and bottom becomes shallower toward the head of the bay (15~20m at central part of the bay). On the outer half of the bay the coast is composed of mainly reefs and bottom slope is steep. On the other hand, in the inner part of the bay sandy beach constitues the coast and the bottom is flat.

The bottom sediments of the bay were mainly composed of sand and gravel according to granule diameter sorting method. The sedimental composition of each station reflected the environmental factors such as bottom current and depth. In this bay almost all part of the bottom was covered with well sorted sand except the limited area where rapid current and girals were observed.

は じ め に

1975年から1977年にかけて特別研究「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」が行われ，西海区水産研究所では長崎県平戸島の志々伎湾にモデル水域を設定し，天然海域におけるマダイ資源の補給機構の研究を行った．モデル水域を設定するにあたって，1975年１月に事前調査が実施された．その調査の結果から，マダイを含む底生魚類や底生生物のすみ場所（habitat）の基礎的な情報を得るために，海底地形と底質の側面から湾全体の特徴をとらえるとともに，湾内の環境構造の解析を試みたので報告する．

本論に先だち，本報告について御助言をいただき，御校閲いただいた西海区水産研究所海洋部井上尚文第一研究室長，底魚資源部畔田正格第二研究室長，粒度

昭和55年１月11日受理（Received January 11, 1980）
西海区水産研究所業績第371号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 371）
本報告の大要は1976年２月，日本水産学会九州支部大会（長崎市）において発表した．
＊東北区水産研究所（Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory）

分析に関して御援助いただいた海洋部浜田七郎主任研究官，および種々の援助をいただいたマダイ特別研究志々伎グループの方々に深く感謝する．また調査に協力いただいた志々伎漁業協同組合の組合員・職員の方々，水産庁調査船陽光丸の乗組員の方々に対して厚くお礼申し上げる．

調　査　方　法

1975年1月24・26日に志々伎漁業協同組合所属の吾智網漁船（第5宝重丸・拓洋丸）によって湾内の 108点で SK 式採泥器を用いて採泥した（図1）．採泥位置はあらかじめ 0.1海里間隔の格子状に設定し，採泥する漁船と湾中央部に定置した水産庁調査船陽光丸とで無線電話および旗りゅう信号で連絡をとりながら漁船の位置を陽光丸のレーダーで測定した．島影などでレーダーの使えない点では「山見」によって位置を確認した．採取した試料は船上で採泥袋のまま自然に水を切って研究室に持ち帰り，分析するまで冷蔵庫に保管した．なお，海底地形を調査するため，別に魚群探知機による調査* が行われた．

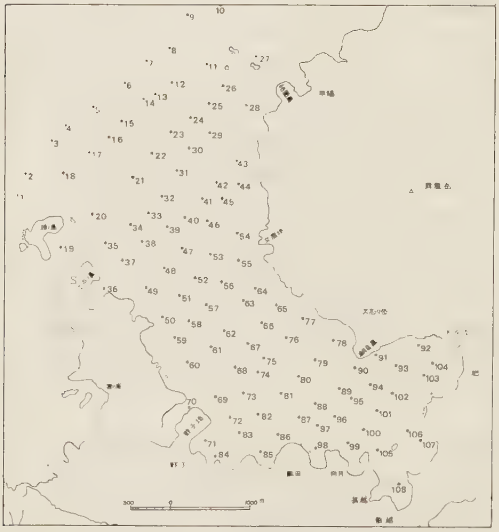


図 1.　底質試料の採集点

108点の採泥点から105の試料を得，そのうち99試料の粒度を分析した．分析は含泥率（silt 以下の成分の割合）が20%を超えるものはなかったのですべて篩分法によった．すなわち，試料を 110℃で約6時間乾燥した後，約30g とり，正確に秤量して，タイラー標準ふるいを用いて8段階に分け，重量を測定して組成を求めた．この結果から個々の試料についての重量積算曲線（片対数グラフを使用して粗粒成分から細粒成分へと積算)を描き，それより¼粒径値 Q_1 (25%),中央粒径値 Md (50%)，¾粒径値 Q_3 (75%) の値をとって，Traskの淘汰係数 S_o と歪度係数 S_k を次の式で計算した．

$$S_o = \sqrt{Q_1/Q_3}\ ,\ S_k = Q_1 \cdot Q_3/Md^2$$

なお，中央粒径値は Krumbien の Phi 尺度（堆積物の粒子の直径を $d$mmとした場合 $\phi = -\log_2 d$ である）に換算した．

また，0ϕ 以上の粒子について，生物遺骸の種類と組成を肉眼で観察した．

結　果　と　考　察

1.　海岸地形と海底地形

海上保安庁[1,2]，長崎県水試[3]，海図215号**，5万分の1地形図「志々伎」，2万5千分の1地形図「野子」・「志々伎」，および漁業者からの聞き取りと湾内の調査から海岸地形と海底地形の概要を述べる（図2）．

志々伎湾は平戸島の西岸南端近くにあり，北西に向かって開口し，南東方向に約 2.5海里湾入する小さな湾で，その面積は約10km² である．冬季には北西から強い波浪が侵入するが，湾奥部北側ではその影響は小さい．湾口の北西約2.5海里には上阿値賀島，その約900m南に下阿値賀島がある．湾口東岸の祇園鼻沖600mには南北約370m，東西約460mにわたる早福瀬とよ

* 西海区水産研究所の見元・青山両技官によって採泥と同時期に漁船を用いて行われた．

**現在は廃版，「平戸島南部及附近」1935年発行．



図 2. 志々伎湾の位置と海底地形
数値は水深（m）

ばれるいくつかの干出する岩礁があり，湾口西岸にはエホノ鼻北西に 370 m の水道をはさんで頭ノ島と２つの小島がある．また湾奥部にも小島(千鳥島)がある．湾口部から湾中央部までの両岸（東岸は祇園鼻より大志々伎，西岸はエホノ鼻から野子埼北側まで）は崖をなしているが，相場ノ浦と女鹿埼南側の入江は礫浜となっている．湾中央部から湾奥部にかけての海岸線はやや出入に富んでいて，湾入部は浜を，突出部は磯を形成する．湾入部のうち，大志々伎は礫浜，志々伎・田ノ浦・向月・飯田は砂浜，船越・野子・福良ノ浦は泥浜（干潟）である．突出部で湾外からの波浪の影響を強く受けるコウソ鼻は崖となり海食台をもっている．志々伎湾の水深は，湾外の頭ノ島北側500 m で60 m 程度であるが，湾口部の早福瀬と頭ノ島を結んだ線では30〜40 m，祇園鼻とエホノ鼻を結んだ線では25〜30 m となる．さらに湾中央部では 15〜20 m，湾奥部で５〜10 m となる．等深線は西岸寄りに入り込み，深みの中心線は西岸から湾幅の⅓位のところを湾形線に沿って湾奥部の千鳥島へ向けて走っている．湾奥部は遠浅の部分が多いが，湾口部・湾中央部では海岸線からおおむね急深になっている．瀬（曽根）は湾外と東西両岸に発達し，とくに西岸から湾中央部へ張り出している．湾中央部付近にもいくつかの瀬が点在する．漁業者は底質をハマ（砂地の部分），カタカ瀬）かたい瀬：岩盤），ヤワカ瀬（やわらかい瀬：転石帯と思われるが潜水調査では確認できなかった），スゲ場（アマモ場）に区分しており，湾奥部の瀬にはヤワカ瀬があると述べている．湾奥部の潮見鼻から志々伎にかけての水深７ m以浅の部分，および野子，田ノ浦，船越の沿岸はアマモ場となっている．湾内に流入する河川は，志々伎，田ノ浦，野子に流入するものがやや目立つが，いずれも小規模である．

これまで述べたように，志々伎湾は湾入は比較的小さく，支湾も少ない．また，海岸・海底地形も比較的単純で流入河川も少ない．志々伎湾は形態的には，九州西海岸の多くの湾の中では開放的な湾に属するといえよう．宮地ら[4] は環境諸要素によって内湾標式を定め内湾の分類を試みている．志々伎湾は全体的にみて，透明度が高く，塩分に一様性があり，水温の変化が小さいことなど[5] の特徴から，宮地らの言う弱内湾性の湾に分類できる．

2. 中央粒径値（$Md\,\phi$）

粒度分析の結果から求めた99試料の中央粒径値($Md\,\phi$) は3.5以下であり，Wentworth の分類表によると，砂と礫に分類される．

図３は中央粒径（$Md\,\phi$）の等値線を描いたもので，等値線の間隔は 1.0ϕ である．これによると $Md\,\phi$= 0 以下すなわち礫と極粗砂の分布域は湾外および頭ノ



図 3. 中央粒径 $Md\,\phi$ の等値線

島とエホノ鼻の間から東に入り込んだ部分であり，いずれも潮流の強い海域にあたる．早福瀬と頭ノ島を結んだ線より沖合では生物遺骸とくに貝殻とフジツボの破片が多く混入する．粗砂（$Md\,\phi$=0〜1）の分布域は祇園鼻と頭ノ島を結んだ線より沖合，頭ノ島とエホノ鼻の間から東へ張り出した部分およびごく岸に近い部分である．粗砂の分布域が陸岸まで迫る海岸線はほとんどが岩礁地帯となっている．湾最奥部の採泥点（定点108）は $Md\,\phi=0.2$ であるが，含泥率4.8%でアマモも生育しており，泥に大型のサンゴ破片が混入している状態で他の水域とは異なっている．中砂（$Md\,\phi$ = 1〜2）は湾口部一帯および陸岸近くに分布している．とくに潮見鼻と野子埼を結んだ線より湾口側の東岸には，中砂の分布域が広く存在し，これは魚探調査で明らかになった瀬の位置（漁業者の呼称で「大曽根」）と一致する．細砂（$Md\,\phi$=2〜3）の分布域は湾内の最も広い部分を占めている．細砂の分布域は湾中央部から舌状に湾口へ向かって伸びているが，湾口に近いほど貝殻破片が多い傾向がある．湾奥部の細砂の部分では生物の遺骸は比較的少ないが，巻貝の殻が若干混入している．またアマモ場になっている場所もあるが，アマモの密度は低い．極細砂（$Md\,\phi$=3〜4）の分布域は潮見鼻の内側および中央部に細長く伸びた部分である．これらの分布域は環流の存在が示唆されており，潮見鼻の内側はアマモ場となっている．採泥が行われなかった野子埼西側の湾および船越では干潟状を呈する区域がある．

図4は堆積物の中央粒径値に対する淘汰係数 S_o，歪度係数 S_k の関係を示したものである．図から明らかなように，中央粒径値に応じて淘汰度，歪度の値が異なった変化傾向を示している．これまでの多くの研究から淘汰の良好な堆積物は中砂・細砂であることが明らかにされている[6-8]．また井上[9]は橘湾の堆積物で淘汰の良好なものは中砂〜細砂付近に集中し，$Md\,\phi$=2〜3 の細砂の中には極端に淘汰のよいものが含まれていると報告している．鎌田[10-13]は有明海や橘湾の堆積物の研究から浅海堆積物の一般則として，礫質部，砂質部，泥質部における $Md\,\phi$ が−6，2，8付近にそれぞれ比較的淘汰の良好な集団があって，この3つの粒度付近では堆積環境として安定さを持っていることを明らかにしている．志々伎湾の堆積物についてみれば，泥質の部分は欠如するが，砂質の部分で

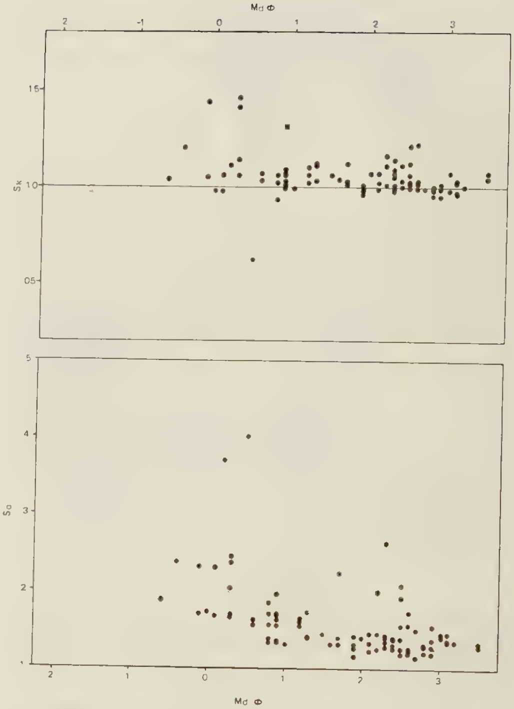


図 4. 中央粒径（$Md\phi$）と歪度係数（S_k）および淘汰係数（S_o）との関係

は S_o，S_k が1.0に近いものは $Md\,\phi$=2〜3 の細砂に属するものが最も多く，$Md\,\phi$ の値が小さくなるにつれて淘汰が悪くなる傾向があり，前述の研究の結果とよく一致する．$Md\,\phi$=2〜3 で S_o が1に近い部分は志々伎湾の広い範囲を占めており，湾全体としての堆積条件に一様性があって堆積環境は安定した湾といえる．

鎌田[13]は $Md\,\phi$，S_o，S_k の値を用い，Inman の堆積型区分を準用して，有明海の堆積物をいくつかの集団に区分している．これに従って志々伎湾の堆積物を分類すると，それらはⅡa，Ⅱb，Ⅲa，Ⅴ型に含まれる．$Md\,\phi<0$ の礫質堆積物で，一般に石灰質の生物遺骸を多く含み，双峰型の粒度分布をもつというⅤ型には，分析した試料のうち4点（定点4，12，18，35）が属する．この4点および図4からこれによく似た堆積型と考えられる $Md\,\phi$ = 0〜0.5 で S_o = 1.5〜2.5の8点（定点3，6，9，13，14，34，38，62）は潮流の速い湾外と湾口部西側および中央部の環流域と考えられる水域に位置し，それらの水域は流れなど

が複雑で堆積条件の不安定な部分であると考えられる．$Md\ \phi$ = 0〜2 の砂質堆積物はⅡ型に含まれ，さらに含泥率5％以上のⅡb型とそれ以下のⅡa 型にわかれる．志々伎湾の試料の大部分はⅡ型に含まれ，Ⅱa 型が57点（上記の8点を含む），Ⅱb 型が19点で湾口から湾奥まで湾の中央部を除いて広く分布する．Ⅱb型は湾外は1点（定点22）で湾中央の $Md\ \phi$=3 以上のⅢb型（後述）の周辺部（定点46，51〜53，56，57，59，60，74，81，83，88），および湾奥（定点100〜102，104，106）に分布する．Ⅱa 型はそれ以外の砂質の大部分である．一般にⅡa 型は $S_k>1$ で粗粒に向かう側で分級が悪く，Ⅱb型は $S_k<1$ であって細粒の泥質部の分級が悪いが，志々伎湾では，SK 式採泥器を用いたことを考慮する必要があるものの，この傾向は明瞭でない．Ⅲ型はシルト質の堆積物で，さらにⅢa 型，Ⅲb型にわかれるが，志々伎湾では粗粒のⅢa 型に8点が属し，湾中央部（定点58，61，68，72，73，82）と湾奥部北側のアマモ場（定点92，93）の極細砂の水域がこれにあたる．志々伎湾のⅢ型は有明海のⅢ型より S_o は1.0に近い値をとり S_k は正の値も多い．また，定点91と108は粗砂（$Md\ \phi$ = 0〜1）であるが，S_o の値が4.0に近くⅡa 型とは異なっている．

3. Gravel-Sand-Silt（＋Clay）ratio による堆積物の分類

Shepard[14] は海底堆積物をその粒度組成から sand-silt-clay ratio によって分類することを提唱している．志々伎湾の堆積物は含泥率が低く，この方法は $Md\ \phi$=3 以下の粗粒堆積物には適用できない．そこでこれを gravel-sand-silt（＋clay）の三角座標を用いて分類した（図5）．

これによると gravel が1点，sandy gravel が4点，gravelly sand が11点あり，他はすべて sand に分類される．全体として sand に属するものが多く，成分としては silt が少ないのが特徴である．gravel は最も潮流の速い頭ノ島とエホノ鼻の間の1点（定点19）である．このほかに定点8，17，26，77，107の5点では径3〜10cmの礫のみが採集された．sandy gravel は頭ノ島北側（定点1，2），早福瀬西側（定点11），および湾口部東側（定点43）である．gravelly sand は湾外の2定線（定点3〜7，12〜18）に多く，他に頭ノ島東側（定点34，35），湾中央部（定点62），潮見鼻東側（定点91），湾最奥部（定点108）に分布する．湾口から湾奥にかけての大部分の水域は sand である．なお，定点5，27，44，67では試料を採取できなかった．これらの点では岩盤が露出していると考えられる．

この分類法を用いると篩分法では S_o や S_k が求められなかった礫質堆積物をも分類することができる．gravel および sandy gravel は湾外や湾口部の潮流の速い水域や陸岸に近い波浪の影響を受ける水域に分布している．gravelly sand は潮流の速い水域と環流があると考えられる水域に分布している．

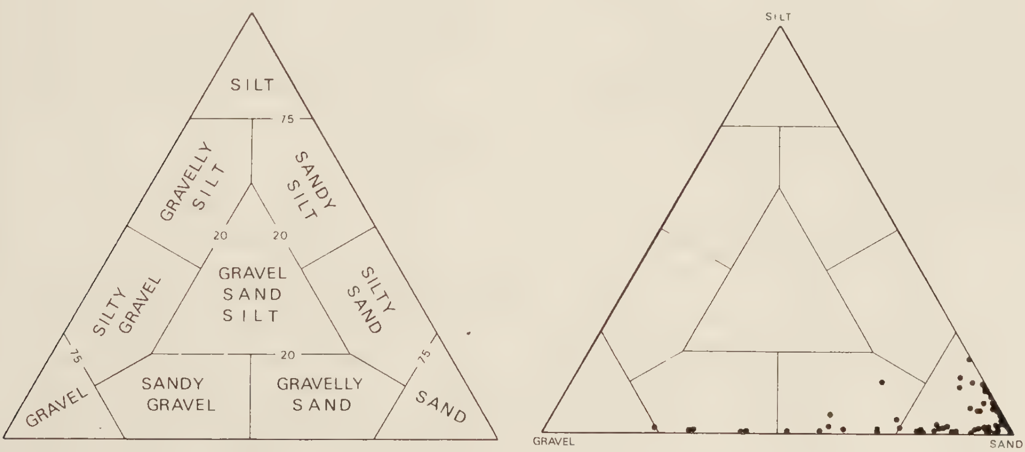


図5. Gravell-Sand-Silt（＋Clay）ratio による堆積物の分類

要　　　　約

1975年1月に平戸島志々伎湾で SK 式採泥器を用いて底質試料を採取し，粒度分析を行った．また，魚探調査などの資料や観察から海岸・海底地形の概要をまとめた．

1. 志々伎湾は北西に向かって開く面積約10km²の開放的な形態の小湾である．水深は湾口部で30～40m，中央部で15～20mである．湾奥部は遠浅な部分が多いが，湾口～湾中央では陸岸から急深となっている．海岸は湾口～湾中央までは岩礁が多く，湾奥には砂浜がみられる．
2. 志々伎湾の底質は礫質から砂質までの堆積物である．底質分布の特徴は，水深や潮流の速さとよく対応している．
3. 志々伎湾の堆積物は砂質の安定した堆積物が大部分を占める．潮流の速い湾外～湾口部や環流が存在すると思われる水域では淘汰の悪い不安定な堆積物が多い．

文　　　　献

1）海上保安庁　1972：九州沿岸水路誌，576 pp.

2）海上保安庁　1964：九州沿岸水路誌，367 pp.

3）長崎県水産試験場　1971：平戸市志々伎湾漁場調査結果．長崎県沿岸漁場図集，(11)，42-49.

4）宮地傳三郎・増井哲夫・波部忠重　1944：内湾度と内湾の生物群聚型に就て．京都大学生理生態業績，(3)，1-20.

5）浜田七郎　1980：志々伎湾の海況特性．西水研研報(54)，141-155.

6）佐藤任弘　1959：能代沖の底質（Ⅱ），(砂の分類に関する考察)．水路要報，**60**，海上保安庁.

7）奈須紀幸・加賀美英雄・中条純輔　1962：東京湾の海底地質．日本海洋学会創立20周年記念論文集，98-119.

8）鎌田泰彦　1979：大陸棚堆積物の性状と分布，主として九州周辺海域を例として．第25回西海区水研ブロック漁海況予報会議第8回シンポジウム報告書，37-60，西海区水産研究所.

9）井上尚文　1970：橘湾の海底地形の概要と堆積物の粒径分布．橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査報告，23-32，西海区水産研究所海洋部.

10）鎌田泰彦・堀口承明　1963：千々石湾茂木沖の堆積物と貝類遺骸群集．長崎大学学芸学部自然科学研究報告，(14)，33-47.

11）鎌田泰彦　1966：千々石湾茂木沖の海底堆積物の砂粒組成．同誌，(17)，45-54.

12）鎌田泰彦　1959：長崎郊外網場湾の海底地質，―矢上炭田の研究　その2―．同誌，(10)，1-14.

13）鎌田泰彦　1967：有明海の海底堆積物．長崎大学教育学部自然科学研究報告，(18)，71-82.

14）F. P. Shepard　1954：Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sed. Petrol.*, **24** (3), 151 158.

志々伎湾の海況特性

浜田 七郎

Hydrographic Characteristics of Shijiki Bay

Shichiro HAMADA

As a part of the ecological studies of red sea bream (*Pagrus major*) in Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.), hydrographic characteristics of the bay were investigated simultaneously. Twenty two cruises of hydrographic observations were carried out at 22 stations during the period from 1975 to 1977. Water temperature, salinity, nutrients (SiO_2-Si, PO_4-P, NO_2-N) and dissolved oxygen were measured at 0, 5, 10, 20, 30, 50 m and bottom layers. The secchi disk observations were also made.

Water temperature and salinity in the innermost part of the bay revealed little differences from those of the mouth part. In the innermost part of the bay, the seasonal variations of water temperature were relatively small as compared with other typical enclosed bay. The sequential changes of water temperature and salinity closely coincided with those of the Tsushima Current flowing outside of the bay. Further, the levels of nutrient concentrations and values of transparency differed from those of enclosed bays, they rather corresponded to those of littoral zone. These characteristics of environmental factors indicated the oceanic features of Shijiki Bay which is strongly affected by Tsushima Current water.

Althongh the differences of abiotic factors between the innermost and mouth part of the bay were little, detailed analysis of distributions of them, especially of transparency, silicate and sigma t, indicated the presence of the different water masses. From the innermost towards the mouth part, these three factors often changed abruptly in the region off Shiomibana and Megasaki. Multivariate analyses using all abiotic factors showed the existence of the comparatively separate water masses in the inner and mouth parts of the bay. Then, Shijiki Bay could be divided into three different parts; mouth, central and inner parts with the boundary around offing of Shiomibana and Megasaki. These three parts did not necessarily occur simultaneously. Fundamentally, the bay water was composed of the mouth part water mass affected directly from oceanic water and that of inner part proper

昭和55年1月18日受理 (Received January 18, 1980)
西海区水産研究所業績 第376号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 376)

water. The presence of central water mass was determined by the balance of two water masses.

環境はそれ自身構造性を持ち，生物は時には個々の環境要素によって強く支配されることはあっても基本的にはその構造と対応して生活していることが認識されるようになり，環境を総合的に構造としてとらえることの重要性が指摘されている[1-3]． 志々伎湾は北西に向かって開いた湾口部の幅約2km，奥行約5km，面積約9.8km²の小湾で， 海岸地形，海底地形とも単純で，干満差は最大3mに達し，湾内に流入する河川が少ないことなどから湾外水の影響が強いことが想像される．

志々伎湾およびその周辺海域における海況に関する調査研究は，比較的少なく魚礁に関するもの[4]や，プランクトンに関するもの[5]などがあるが，いずれも断片的なものに過ぎない．この報告では水温・塩分・栄養塩類・溶存酸素量・透明度などの無機環境要素を，マダイ来遊期を中心に周年にわたって調べ，マダイ稚魚期の生活の舞台となる志々伎湾の海況特性について検討を加えたのでその結果を報告する．

この研究は，1975年から1977年にかけ農林水産技術会議の実施した特別研究「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」の一環として志々伎湾をモデル水域として実施されたものである．

本研究を進めるにあたって深いご理解と助言をいただいた元西海区水産研究所林　知夫所長（現広島大学教授），同前上村忠夫所長（現北海道区水産研究所長）に感謝の意を表するとともに，本研究の計画，立案ならびにご指導をいただいた伊東祐方前底魚資源部長（現東海区水産研究所資源部長），最首光三前底魚資源部第2研究室長（現日本海区水産研究所資源部長）に謝意を表する．また，不便な現地の調査に全面的な協力をいただいた前志々伎漁業組合長栗山重夫氏をはじめ漁協関係各位と，漁協丸船長福田福重氏に心からお礼を申し上げる．さらに，本稿の校閲をいただいた近藤正人海洋部長ならびに助言とご協力をいただいた長崎大学水産学部海洋学教室松山通郎博士とマダイ特別研究志々伎グループの各位に対し厚くお礼申し上げる．終りに本研究に深い関心を寄せられ有益な助言と協力を惜しまれなかった西海区水産研究所の所員各位に厚くお礼申し上げる．

調　査　方　法

志々伎湾における定点観測は1975年1月に実施した海底地形，海底堆積物および海況に関する事前調査結果を基にして湾外から湾奥部へ22定点を配置し，0，5，10，20，30，40，50mおよび底層について採水，測温を行った（Fig. 1）．

まず，志々伎湾における季節的な海況変化を把握するために1975年4月から1976年6月まで毎月1回の観測を実施し，それ以後は1977年8月までマダイ稚仔の来遊する時期を中心にさらに7回の調査が実施された．測定項目は水温・塩分・溶存酸素・透明度・栄養塩類（PO_4-P, SiO_2-Si, NO_2-N）の諸要素である．

採水は北原式採水器（B号）を使用し，溶存酸素固定試水は観測終了後ただちに現地実験室で測定したが，栄養塩類分析用試水は冷蔵庫に保管（約7℃)し，現地調査終了後塩分測定用試水とともに西海区水産研究所に持ち帰って測定した．

結　果　と　考　察

1.　海況の特徴

内湾の海況を直接支配している要因としては一般に海水の流動・熱収支・淡水の補給などがあげられるが，これはその湾の地形・大きさ・流入河川の有無と深くかかわりあっていて，各内湾にはこれらの条件に対応して，それぞれ固有の特徴が認められている．マダイ当歳魚の生活を中心とする生物生産の行われている舞台である志々伎湾の環境特性を把握するため，水

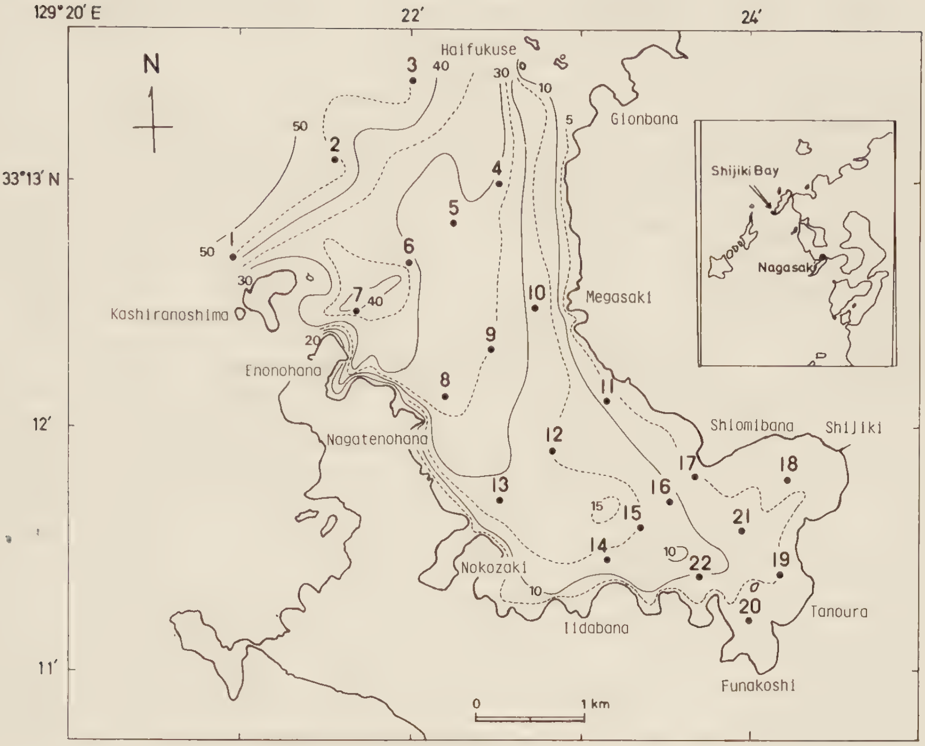


Fig. 1. 志々伎湾の位置および観測定点配置
Shijiki Bay with station locations (•). Depth contours in meters.

温・塩分・栄養塩類・溶存酸素および透明度の季節変化を中心に検討を進めた．志々伎湾においては8月の成層期を除けば，これら無機要素の上，下層間の差は極めて小さいので，解析に際しては主として鉛直積算平均値を用いた．

1） 水温・塩分

湾口部（女鹿埼と長手ノ鼻を結んだ線の外側，定点1～7）と湾奥部（潮見鼻と飯田鼻を結んだ線の内側，定点18～22）の水温差は夏季には1℃以上に達するもののその他の季節では小さく，湾外水の影響が湾奥にまでおよんでいることを示している（Fig. 2）．すなわち，水深が浅く気象条件の影響を受けやすい湾奥部の水温は湾口部に比べて夏季に高く，冬季に低くなるが，そのほかの季節では逆の傾向を示す．その逆転期は3～4月および9～10月のそれぞれ水温の上昇期および下降期にみられる．水温の変動幅の最も大きい湾奥部の5 m層では8月に最高値（26.8°C），1月に最低値（12.1°C）が観測され，年較差は14.7°C におよんでいるが，これは，閉鎖的な内湾である大村湾の表層水温[6]が冬季には6～7 °C，夏季には30°C 前後を示すことと比べて年較差ははるかに小さい．

塩分の季節変化は，水温とは逆の傾向を示し，冬から春にかけて高く（34.5‰前後），夏季には低く（33.0‰）なっている．湾口部と湾奥部の塩分を比較すると一般的には湾口部の値が高いが，その差は極めて小さく，1975年8月，1976年1月および6月のように時には湾奥部の値が湾口部よりわずかに高くなる場合もみられる．さらに，志々伎湾では湾奥部でも年間を通じ32.7‰以上を示しており，山口県油谷湾の湾奥部の表層で1976年6，7月に観測された値（平均値）（30.9‰)* に比べてはるかに高い． このような志々伎湾の塩分分布の特徴は，油谷湾に匹敵するような流入河川

＊西海区水産研究所下関支所：未発表

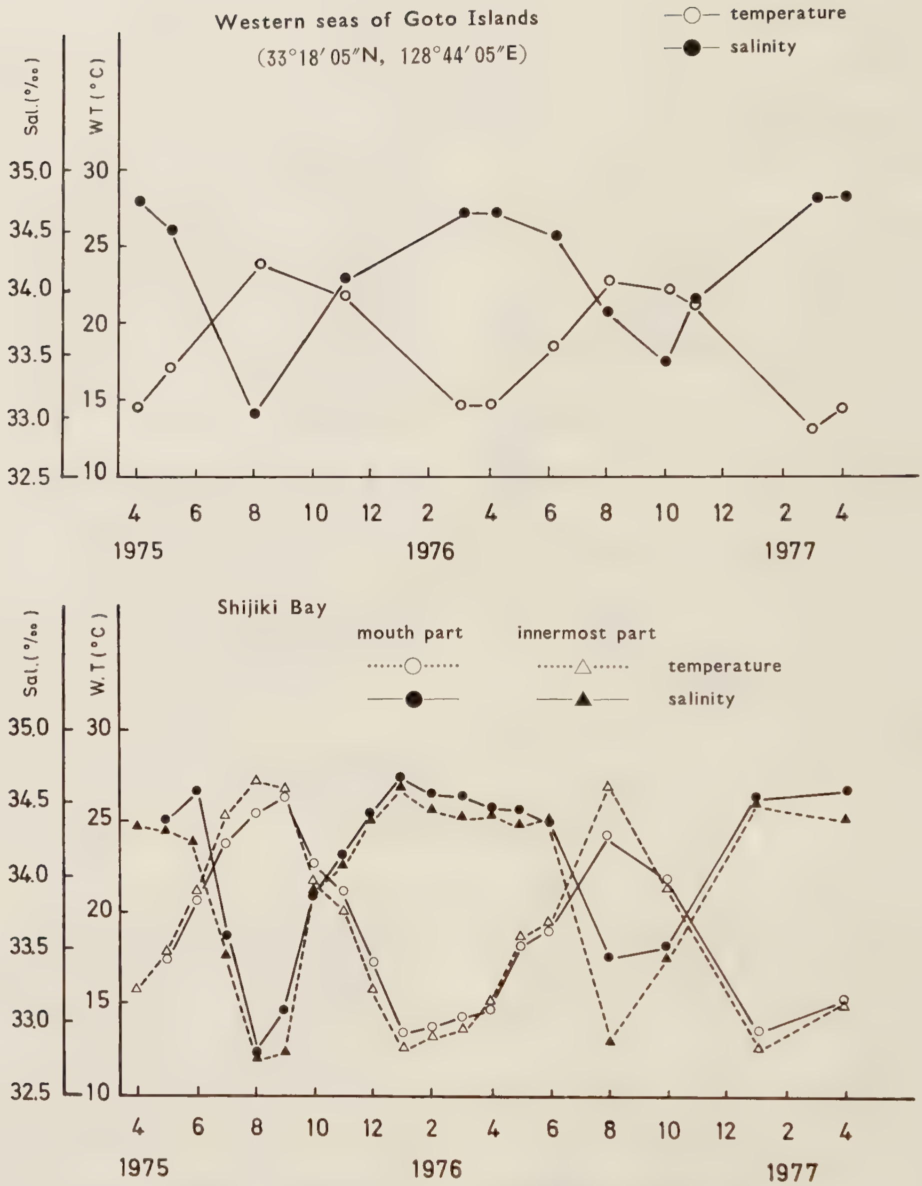


Fig. 2. 志々伎湾および五島西沖（長崎水試定点20）の水温・塩分の季節変化（鉛直積算平均値）
Seasonal changes in temperature and salinity of waters off the west coast of the Goto Islands (the 20th station of Nagasaki Prefectural Fishery Experimental Station) and of Shijiki Bay (mean integrated value of vertical profile).

がないことや湾外水との交換がよいことを反映しているものと思われる.

塩分の躍層は7～8月の湾口部では20m層付近に，湾中央部では10m層付近に鉛直傾度の小さいものが形成されるが，他の季節では水温と同様鉛直的な差はほとんど認められない.

志々伎湾における水温・塩分の季節変化を五島西沖の対馬暖流域（長崎県水産試験場，漁海況定点20,

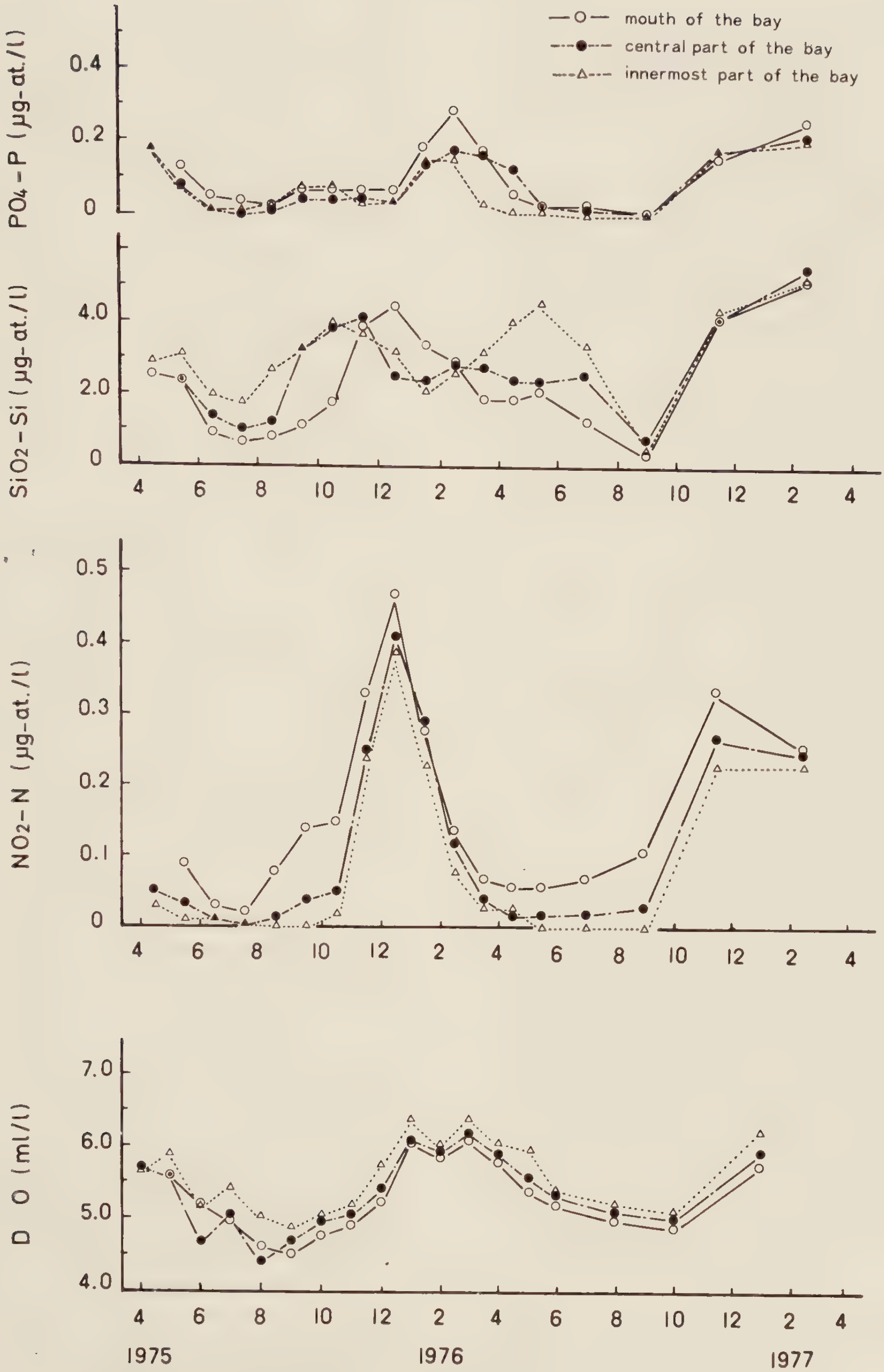


Fig. 3. 栄養塩類および溶存酸素の季節変化（鉛直積算平均値）
Seasonal changes in inorganic nutrients and dissolved oxygen in Shijiki Bay (mean integrated value of vertical profile).

33°18′05″N 128°44′05″E)* と比較してみると (Fig. 2), 志々伎湾の値が夏季はやや高温・低塩, 冬季はやや低温・低塩を示しているが, 両者の変化傾向はよく似ており, 外海水の影響を強く受けていることを示している.

2) 栄養塩類

リン酸塩 (PO_4-P): 志々伎湾内におけるリン酸塩の分布量の季節変化をみると (Fig. 3), 冬季に0.15〜0.28μg-at./l を示して比較的高い値がみられるが, 高温期の7〜8月には減少し検出限界を割ることも多い. 年間を通じて閉鎖的内湾に比べると分布量の水準は低く, 沿岸域のそれとあまり変りない. 水域別に比較すると, 全般的に湾口部の値は湾中央, 湾奥水域に比べて高い(とくに冬季に顕著となる). 一般に内湾におけるリン酸塩の分布は, 湾奥部に高く湾口部に低い状態が観測されているが, この湾では逆の傾向を示している. このようなリン酸塩の分布状態は, その補給が基本的には湾外から行われていることを示しているように思われる. また, リン酸塩はケイ酸塩のピークの過ぎた後に増える傾向がみられる.

ケイ酸塩 (SiO_2-Si): 志々伎湾のケイ酸塩分布量 (Fig. 3) は湾全体の年平均値は3.0μg-at./l 前後で橘湾[7] 奥部などに比べて少ない. この季節的変化は年により多少のずれはあるが, 湾奥部では8〜9月の高温期に低く (1.0μg-at./l 前後), 5〜6月および10〜11月に高い (4.0μg-at./l) といった2峰型を示す. これに対し湾口部では湾奥部と異なり, 冬季にだけピークが現われる単峰型となる. 湾中央部では湾口部とほぼ同じような季節変化傾向がみられる. 分布量を水域ごとに比較すると, 全般的に湾奥部水域が最も多く (とくに, 潮見鼻から内側の志々伎集落から肥地先にかけての底層に7.5μg-at./l の高い値が極部的にみられる). 水域ごとの季節変化傾向の差が大きいとともに, リン酸塩や亜硝酸塩との補給源の相違を示唆している. つまり, ケイ酸塩の補給は5〜6月の降雨期には河川水の流入によって行われるが, 冬季には北西季節風の吹き込みとも関連して湾外水の鉛直混合によって湾内のケイ酸塩の水準が規定されるように思われる.

亜硝酸塩 (NO_2-N): 湾内の亜硝酸塩の分布量 (Fig. 3) は, リン酸塩と同様春〜夏季にかけては極めて少ないが, 水温下降期の9〜10月から次第に増加し, 12〜1月に年間の最高値 (0.4〜0.5μg-at./l) に達する. その後2〜3月の植物プランクトンの増殖期[8] に急激に減少する. このように亜硝酸塩の季節変化は単峰型を示す. また, 水域間の分布量を比較すると年間を通じ湾口部の値が湾中央, 湾奥水域に比べてやや高く, 鉛直混合の始まる秋季から増加することとも考え合わせると, 主補給源は外海にあるように考えられる. さらに, 年間の分布量の最高値は0.5μg-at./l 程度を示すが, 橘湾奥部底層の高濃度域などに比べると, 内湾の値としてはかなり低い.

3) 溶存酸素 (DO)

溶存酸素量は高温期には少なく, 9月には4.5〜5.0 ml/l で年間最低値を示す (Fig. 3). しかし, 10月の水温下降期に入るとともに徐々に増えて, 1〜3月には5.8〜6.0 ml/l と年間を通じて最も高い値となる. 水域間の差は小さいが周年湾奥部の値が湾口部, 湾中央水域に比べて高く, その差の最も大きい7〜8月には0.8〜1.0 ml/l となっている. これには湾奥部の岩礁域や砂底域に繁茂しているホンダワラ類やアマモの光合成活動が関与しているものと考えられる.

4) 透明度

透明度は海中の浮遊懸濁物の量や水中光度, さらには水域の基礎生産を推定する手がかりとなる. 年間を通じ志々伎湾の透明度は湾口部(定点2)で11〜17 m, 湾中央部 (定点12) で10〜14 m, 湾奥部 (定点21) で6〜9 mの範囲にあり (Fig. 4), 内湾の値としては大きい. また, 湾奥部の値は常に湾口部の値より小さく, 相対的に富栄養化した水塊が, とくに潮見鼻より内側に存在していることを示している. さらに, 透明度の2倍がほぼ補償深度とされているので水深を考慮すると, 志々伎湾では湾奥から湾口にかけて, ほとんど全域で表層から底層まで光合成作用が行われていることを示している.

湾口から湾奥にかけての透明度の変化傾向を季節を追ってみると, 冬季の12〜2月には湾口部の15〜17 m台から湾奥へ向かってゆるやかな傾度で変化するが, 潮見鼻付近で2〜3 m急激に低下する. 夏季から秋季にかけてこの透明度の不連続帯は, やや沖合へ移動し女郎埼付近にみられることが多くなる. また, 透明度の等値線は西岸側で湾口から湾中央部へ入り込んだ形

*長崎県水産試験場観測資料



Fig. 4. 透明度の月別水平分布（図中の数値は水深(m)を示す）
Monthly changes in the horizontal distribution of transparency in Shijiki Bay (contours in meters).

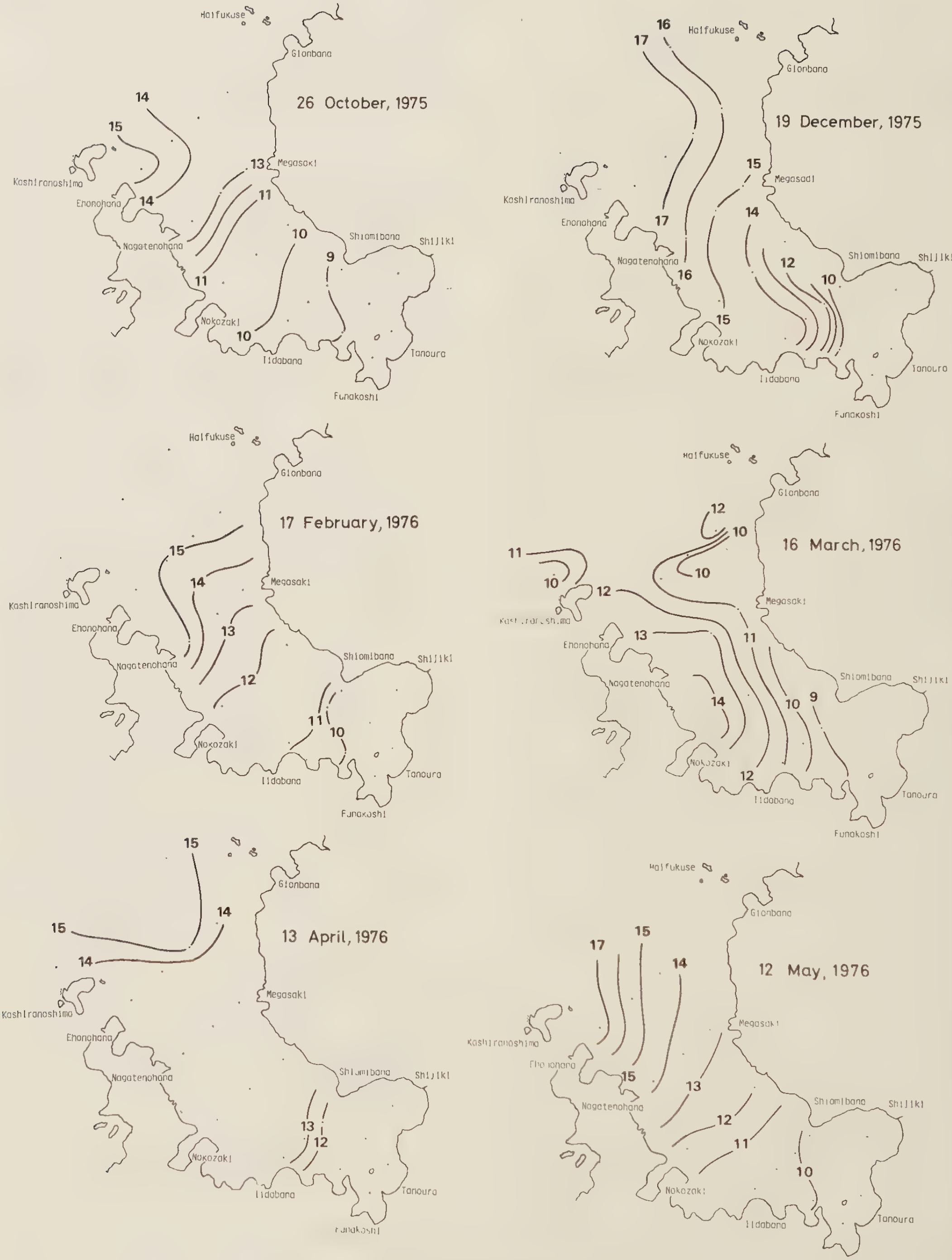


Fig. 4. つづき (continued)

をとる場合がしばしば観察される．これらの現象は透明度の高い湾外水が西岸より侵入することを示し，玉井[8] の結果と一致している．冬季は季節風の連吹によって湾外水が表層を湾奥まで侵入する．この反作用として湾奥水は底層を湾外へ流出するので湾内水の交換が割合速く行われるために透明度は大きくなる．このような地形によって志々伎湾の開放的性格を強めているものと思われる．

5） 環境特性の検討

志々伎湾の無機環境要素のうち保存要素である水温・塩分の湾口部と湾奥の季節変化をみると，(1)湾内の水域による差が小さいこと，(2) 年較差が内湾の値としては小さくむしろ外海の値に近いこと，(3) 水温・塩分の季節変化は外海の対馬暖流域のそれと極めてよく一致していることなどが認められ，基本的には志々伎湾は，外海水の影響を大きく受ける開放的な性格の強いことを示している．志々伎湾のこの開放的な性格は透明度が高く，非保存要素である栄養塩類の濃度が他の内湾[9]（例えば，京都府久美浜湾）の値に比べて，沿岸域のレベルにあることにもあらわれている．

一方，基本的には開放的な性格を持つ志々伎湾にも湾奥部には，水温の水平的な変化傾向からみて典型的（閉鎖的）な内湾のように明瞭ではないが， 外海水から相対的に独立した水塊が存在していることが推測された．この湾奥部水塊は栄養塩濃度，溶存酸素量および透明度の差異によっても識別された．このように無機環境要素からみると開放的な性格を強く示している．また，生物要素からもクロロフィル－a[10]や動物プランクトン[11]の分布量が普通の内湾（舞鶴湾）の値と比べて，一桁少なく沿岸域のレベルに近いこと，*Paracalanus parvus* など沿岸性橈脚類が湾奥まで分布していること，底生動物の組成において甲殻類の比率が舞鶴湾，松島湾，児島湾などの値より外海域の値に近いこと[12]などがみられ，上記の推定を裏付けている．もちろん志々伎湾は内湾である以上閉鎖的な側面も持っており，前述のように相対的に独立した湾奥水域には，内湾性橈脚類（*Acartia steueri* など），マダイ当歳魚の主食である Gammaridea などが分布し生産性の高い水域となっている．

2． 志々伎湾の水域区分

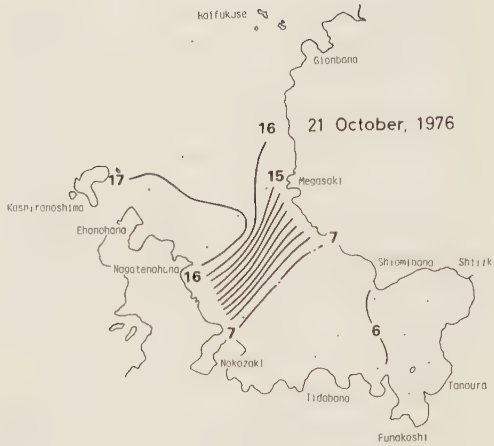
これまで述べてきたように，志々伎湾の無機環境要素の分布は他の閉鎖的な内湾とは異なり，鉛直的にも水平的にも傾度は小さく，また季節的変化の幅も狭く，全体としては沿岸海域に近い特性をそなえている．しかしながら，個々の無機環境要素を細かいスケールで眺めてみると，湾内の水塊配置を示唆するような特徴的なパターンも認められる．ここでは，透明度・ケイ酸塩・σt の分布にみられる不連続性に焦点をあて，さらに，測定したすべての環境要素をもとにした多変量解析による若干の検討結果も参考にしながら，当湾の水域区分とその根拠をなす水塊配置について考察を加える．

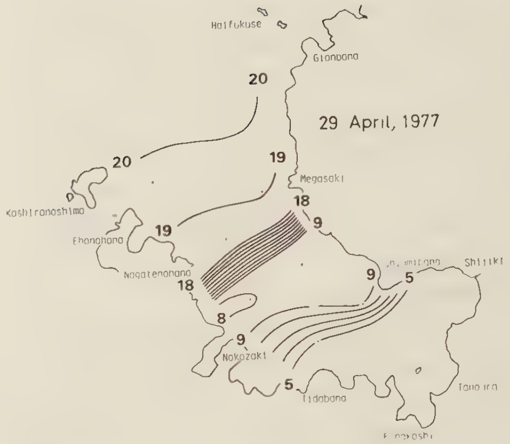
1） 透明度の変化パターン

水平傾度の少ない無機環境要素の中で，透明度は湾口部から湾奥部へ向かって，かなり顕著な低下を示すとともに，その低下度合にはしばしば不連続性が認められる． Fig. 4 に示した透明度の周年変化においても，1月，2月，4月，6月，12月の各月には潮見鼻沖で 2～5 mの急激な変化がみられる．また，5月，9月，10月などの各月には女鹿埼沖で顕著な透明度の変化が認められる．Fig. 5 には最も顕著な透明度変化の観測結果を3例示した．これらの観測例はいずれも降雨後数日内のもので最も顕著な透明度分布が現われており，湾口部から湾奥部にかけて10～15 mの変化が観測されている．そのような著しい透明度の低下の大半は女鹿埼よりやや内側の水域を中心に生じているとともに，1977年4月や6月の例では潮見鼻沖においても急激な低下がみられている．

透明度はもとより水塊全体を指標する要素ではなく，調査時の条件によってかなり著しい変動を示すため，上記のパターンが普遍的なものとは考えられないが，その不連続的な変化帯がほぼ定まった水域に出現し，湾奥部に向かって段階的に変化する事実は当湾の水塊配置を考える上で，きわめて示唆に富んだ現象と考えられる．このような透明度分布より，まず第一に湾外水と湾内水の境界は女鹿埼沖の水域にあること，第二に湾内水は条件によっては潮見鼻沖を境界として二つの水域（水塊）に細分される可能性のあることがうかがわれる．玉井[8] は湾口部に反時計回りの恒流の存在を報告しているが，湾口部の透明度の不連続帯はこの恒流の境界とよく対応しており，湾内外水の境界がこの水域に存在することを裏付けている．

2） ケイ酸塩の湾軸断面分布





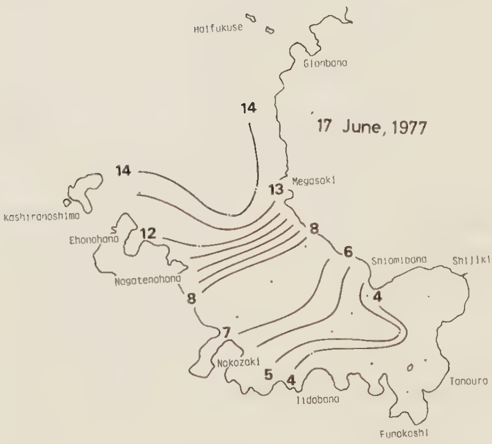


Fig. 5. 志々伎湾の透明度水平分布の典型例
Typical examples of horizontal distribution of transparency in Shijiki Bay (Contours in meters.).

この調査で調べた栄養塩類のうち，ケイ酸塩はそのレベルが他の栄養塩より高いばかりでなく，湾内の水平分布にも顕著なパターンのみられる要素である．Fig. 6 に湾軸断面における四季別のケイ酸塩の鉛直分布を示した．5月と8月ではケイ酸塩は潮見鼻沖の定点16付近から湾奥に濃度が高く，それより外側の水域では，部分的には高濃度定点もみられるものの，全体としてはかなり低い値となっている．とくに，定点9(女鹿埼付近)～6より外側の水域ではさらに低い値となっている． 10月と12月では，5月や8月とは異なり，湾口部がやや高目の分布を示すが，やはり定点16や9付近ではケイ酸塩濃度が変化する様相がうかがわれる．

3)　σt の湾軸断面分布

志々伎湾内の水温や塩分は，すでに述べたように，水平的にも鉛直的にも傾度は小さいため，降雨後などの特別な場合を除いては単純な分布である．そこで，これら二要素より現場密度（σt）を求め，四季別の湾軸断面分布を Fig. 7 に示した． 1975年5月では定点6と16を境にして湾口部と湾奥部の σt は25.0以上を示しているが，両水域とも鉛直的には上層より底層が高く，また，水平的には湾奥部が高い値となっている． 8月は全体的に σt の値は低く，湾奥部の定点19の表層では21.86の低い値を示し， 湾口に向かって水平的に徐々に高くなり，定点2で22.55となる．10m層においては22.80とやや高く，さらに20m以深では湾外から湾中央の定点12付近まで22.90～23.00の範囲となっている．このような σt の分布は，夏季には表層において湾奥部から定点9付近まで低密度水が張り出し，一方底層には相対的に高密度の湾外水が入り込み，成層構造が形成されることを示している．水温下降期の10月は，定点19の表層が22.46， 5 m層が22.90で，高温期の8月に比べて幾分高い値となっている．また，定点12と16の底層は23.00を示し孤立水塊の存在がうかがわれる．湾口部では定点6を境にかなり顕著な低下がみられる．12月になると水温低下とともに σt は全体的に高くなり， 水平的には密度差の小さい分布となり，湾奥部の定点19の表層で25.50，定点19の5 m層で22.60を示している．このように12月の σt

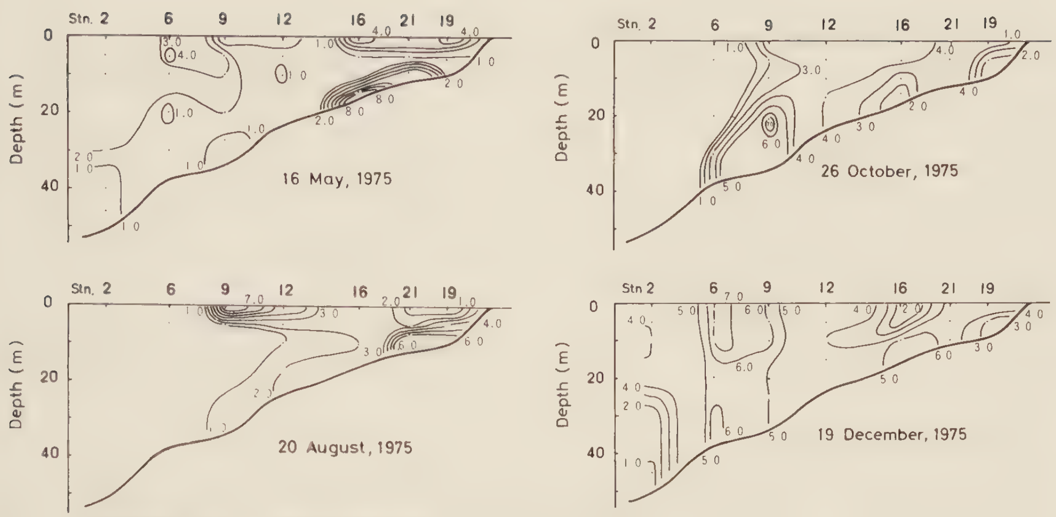


Fig. 6. 湾軸断面におけるケイ酸塩の四季別分布（1975年）（図中の数値は μg-at./l を示す）
Seasonal distribution of silicate in the longitudinal cross section of Shijiki Bay (1975) (Contours in μg-at./l.)

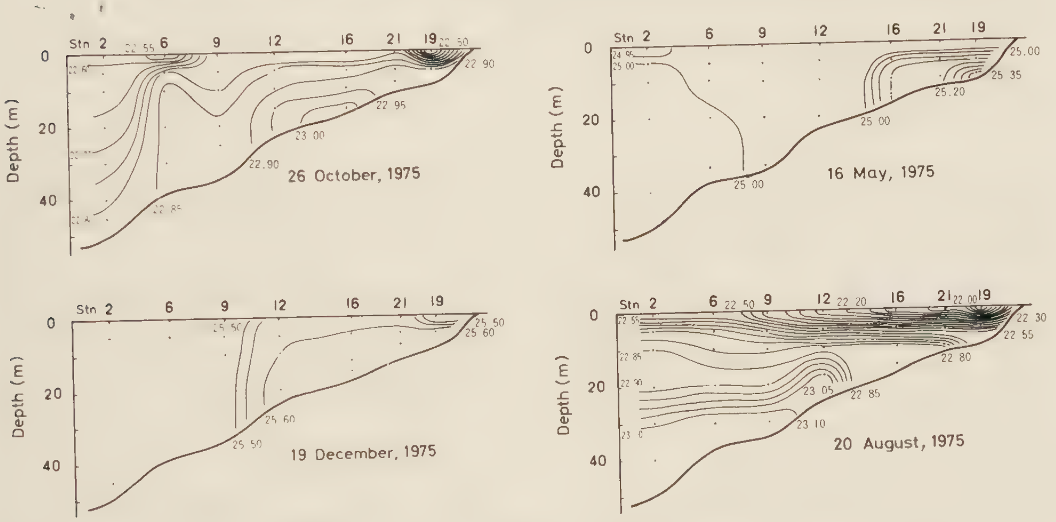


Fig. 7. 湾軸断面における σt の四季別分布（1975年）
Seasonal change in σt in the longitudinal cross section of Shijiki Bay (1975).

分布は他の季節に比べて水平傾度は小さいが，定点9付近を境として，それより外側に分布する σt 25.4台の水塊と湾内水とは明瞭に区別される．以上のような σt の分布より，湾内水と考えられる水塊は，時には定点16の潮見鼻付近より内側の水域に出現するが，基本的には定点9の女鹿埼より内側の水域にみられる．また，湾の最奥部には四季を問わず低密度水の分布が認められる．

4）多変量解析による水域区分の試み

近年，公害問題に伴う海域の環境調査が各地で盛んに行われ，その結果の解析に多変量解析法が導入されている[13,14]．志々伎湾の環境データの整理にも多変量解析法を用い，現在検討を進めている*．詳細は今後報告する予定であるが，本報では主成分分析法による

＊浜田七郎・石川公敏：未発表

Table 1. 6測定項目を用いた四季別の主成分分析結果（Z_1 は第1主成分を，Z_2 は第2主成分を示す）
The result of the principal component analysis of 6 variables measured in May, August, November and February. (Z_1 shows the first principal component and Z_2 the second principal component).

Variable	May 1975 Correlative coefficient Z_1	Z_2	Prop. of cont.**	August 1975 Correlative coefficient Z_1	Z_2	Prop. of cont.**	November 1975 Correlative coefficient Z_1	Z_2	Prop. of cont.**	February 1976 Correlative coefficient Z_1	Z_2	Prop. of cont.**
SiO_2-Si	0.031	0.770	0.992	0.450	0.225	0.969	−0.534	−0.495	0.938	−0.142	0.968	0.957
PO_4-P	0.285	−0.670	1.000	−0.618	0.395	0.883	−0.171	0.794	0.977	0.714	−0.125	0.525
NO_2-N	−0.878	0.154	0.870	0.061	−0.828	0.906	0.839	0.391	0.860	0.911	−0.034	0.832
W. T.	0.923	0.030	0.910	0.668	0.495	0.735	0.767	−0.292	0.740	0.849	0.223	0.771
Saiinity	−0.376	−0.364	0.944	0.810	−0.494	0.910	0.712	−0.095	1.000	0.562	−0.114	0.329
Chl-a	−0.689	0.200	0.526	−0.601	−0.438	0.937	−0.805	0.205	0.861	−0.713	−0.186	0.542
Eigen value	2.321	1.241		2.054	1.575		2.760	1.164		2.906	1.051	
C. P. T. V.*	0.386	0.594		0.342	0.605		0.460	0.654		0.484	0.659	

*Cumulative proportion of total variance.
**Proportion of contribution.

若干の検討結果を述べる．解析に用いた項目は水温・塩分・リン酸塩・ケイ酸塩・亜硝酸塩・クロロフィル－aである．1975年1月(予備調査)から1977年8月にかけて実施した定期観測の表層と10m層のデータを用いて主成分分析を行った．その一例として0m層の5月，8月，11月および2月の分析結果を Table 1に示した．さらに最終的に求められた各測点の第1主成分(Z_1)と第2主成分(Z_2)のスコアをX–Yの二次元座標に図示した．(Fig. 8) 各月のスコア散布図は必ずしもその月や季節を代表しているとは考えられないが，その他の年の同月に実施した結果や隣接した月の結果を参考にすると，夏季の8月には測点の集中度が高くなる傾向が認められる．周年を通じてみると，全体的には測点の分布は分散傾向が強く，また隣接した位置を占める測点群の中にも地理的に離れた測点が混在する場合も多く，必ずしも明瞭なパターンは認められない．このような結果は志々伎湾の環境特性を反映したものであり，環境諸要素の水平傾度が小さく，湾内は比較的一様な条件下にあることを示唆しているものと考える．

Fig. 8には定点を機械的に区分し，湾口部のエホノ鼻と祇園鼻を結んだ線より外側の定点（1～7），湾奥部の潮見鼻と飯田鼻を結んだ線より内側の定点（18～22）および両者の中間に位置する定点（8～17）別に表示した．例えば8月の場合には定点1や3を除くと，湾口部の定点は Z_1, Z_2 座標の負の位置に集まり，一方湾奥部の定点18～22は Z_1, Z_2 座標の正の位置に集中する傾向が認められる．他の月ではこれほど集中した分布は認められないが，それでも両グループはほとんど混在することはなく，互いにある程度異なった環境にあることを示唆している．他方，定点8～17は定点1～7グループと重なる場合，定点18～22グループに重なる場合，両グループの中間に位置する場合など様々であり，この水域の変動性が大きいことを示している．

以上のように，主成分分析法により得られたスコア散布図から志々伎湾の環境特性をみると，全体的には湾内の環境は変化に乏しく一様な条件にあるが，それでも湾口部と湾奥部にはある程度独自な水塊の存在が示唆される．今後，さらに詳しい解析を進めることによって，湾内の水域による特性や季節変化の様相がさらに明らかになるのではないかと思われる．

個々の無機環境要素はその調査時の諸条件によって

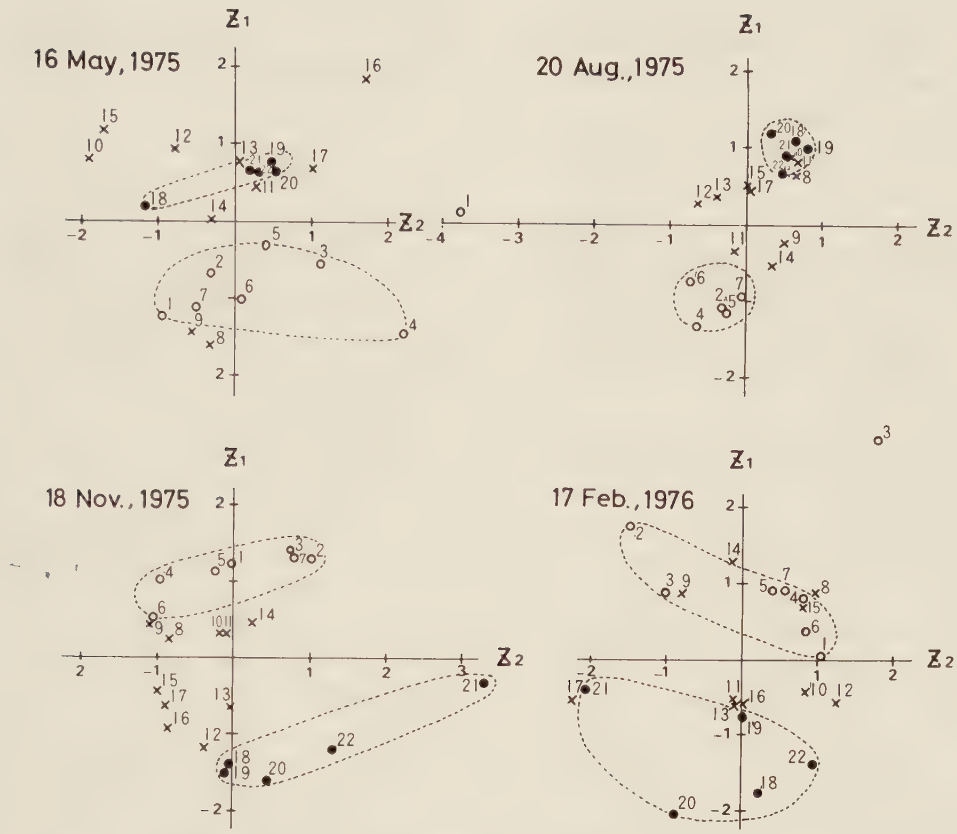


Fig. 8. 主成分分析法による志々伎湾の水域区分　第1主成分(Z_1)の第2主成分(Z_2)に対する散布図（観測値は表層のデータを用い，図中の数字は定点番号を示）

Classification of waters of Shijiki Bay based on the principal component analysis. Distribution of the second principal components against the first components (The values were referred to the data at the surface waters and the figures mean the station).

かなり顕著に変動しがちである．これに対して，生物の分布はそれらの無機環境要素と密接に対応するものの，外部諸条件によって無機環境諸要素ほど直接的で大幅な影響を受けることは少なく，湾の水域や水塊配置との間にはより普遍的な対応がみられる場合が多い．当湾のクロロフィル-a の季節的な変化を調べた池本ら[10]は春季には湾外に中心を持つ植物プランクトンのブルームが湾内の野子埼〜潮見鼻付近まで及び，一方，秋季には湾奥に中心を持つ植物プランクトンが女鹿埼付近までかなり高密度で分布することを明らかにしている．上田[11]によれば橈脚類の種組成よりみて志々伎湾は潮見鼻付近を境界として沿岸的な水域と内湾的な水域に大別されるとしている．一方，マダイをはじめとする湾外産卵種の卵・稚仔の分布は女鹿埼沖を境として急激に低下する事実[15]や水深11 mおよび22 mを境界として底生動物の分布様式が変化する事実[12]からも志々伎湾の環境が前述の二水域付近で変化することを示唆している．

湾は一般的に形状のいかんにかかわらず，通常湾口部，湾中央部，湾奥部の三つの水域に区分される．上記の無機環境要素や生物分布の特性を総合すると，志々伎湾ではこれら三つの水域が，女鹿埼付近および潮見鼻付近を境界として識別される．しかし，これら三つの水域が同じレベルで定常的に存在するかに関しては多くの論議の余地が残されている．とくに湾中央部の位置づけについては問題が多く，現時点では，湾外

水の影響下にある湾口部と湾内固有の水塊が形成される湾奥部が基本構造となり，湾中央部は両水塊の消長によって二次的に形成される変動性の大きい水塊との位置付けが妥当のように考えられる．今後，種々のタイムスケールでこれらの水域の水塊が相互にどのようにかかわり変化するかを明らかにする必要がある．

要　約

1．マダイ当歳魚の生活の舞台である志々伎湾の環境特性を把握し，その構造を検討するため1975年から1977年にかけマダイ来遊時期を中心に周年にわたって22回の無機環境要素の調査を実施した．湾口部から湾奥部にかけて配置した22定点において0，5，10，20，30，40，50mおよび底層の採水・測温を行って塩分・リン酸塩（PO_4–P）・ケイ酸塩（SiO_2–Si）・亜硝酸塩（NO_2–N）および溶存酸素（DO）の分析を行うとともに透明度を観測した．

2．志々伎湾の湾口部と湾奥部の水温・塩分の季節変化をみると，湾内の水域差および年較差は内湾の値としては小さく外海の値に近いことや水温・塩分とも外海の対馬暖流域の季節変化とよく対応していることが認められた．また，透明度は内湾の値としては高く，栄養塩類の濃度も典型的な内湾の値に比べて低く，沿岸域のレベルに近い．これらの無機要素の挙動からみて志々伎湾は基本的には外海水の影響を強く受ける開放的な性格を持っている内湾とみなすことができる．一方，これら無機要素の分布状態を総合的に細かく検討すると湾奥部には相対的に外海水とは異なった水塊が存在することが推測された．

3．志々伎湾の無機環境諸要素は閉鎖的な内湾に比べて，季節変動の幅も水平的・鉛直的傾度も小さい傾向にあるが，それらの中で，透明度・ケイ酸塩・σtには湾内の水域区分や水塊配置を示唆するような分布が認められた．それらの分布は湾奥部から湾口部に向かって，緩やかに変化するのではなく，潮見鼻沖および女鹿埼沖で急激に変化する場合が多く観測された．また，すべての環境要素を用いた多変量解析法によっても湾口部水域と湾奥部水域は互いに異なった水塊にあることがうかがわれた．

これらの諸結果より，志々伎湾では女鹿埼沖および潮見鼻沖を境界として，湾口部・湾中央部・湾奥部が識別される．しかし，これら三水域は並列的に存在するのではなく，湾外水の直接的影響下にある湾口部と湾固有水塊の形成される湾奥部を基本構造として，その両者の消長が湾中央部の性質を決めることが推察された．

文　献

1）田中　克　1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当歳魚の生産をめぐる問題点．漁業資源研究会議報，(20)，77-102.

2）川合英夫　1975：構造環境の意義．海洋生物資源環境（平野敏行編）．海洋学講座15，14-16，東京大学出版会.

3）川那部浩哉　1966：群集における種の生産．生態と進化．現代生物学（伊勢村寿三，他編）9，123-152，岩波書店.

4）長崎県水産試験場　1971：平戸市志々伎湾漁場調査結果．長崎県沿岸漁場図集．第11集，42-49.

5）O. Tanaka，H. Irie，S. Iizuka and F. Koga 1961: The fundamental investigation on the biological productivity in the north-west of Kyushu I. The investigation on plankton. *Rec. Oceanogr. Works. Jap.*, Special No. 5, 1-53.

6）長崎県水産試験場　1956：大村湾調査（総括概論），No. 28.

7）近藤正人・浜田七郎・井上尚文　1970：橘湾の海況．橘湾をモデルとした海況および魚群分布調査報告，50-60，西海区水産研究所海洋部.

8）玉井一寿　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構一流動．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究

（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局.

9）田中俊次　1970：久美浜湾の漁場環境．京都府水産試験場業績，第36号，15-58.

10）池本麗子・畔田正格　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—クロロフィル．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局.

11）上田拓史　1980：志々伎湾の動物プランクトンに関する研究-Ⅰ．1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布．西水研研報，(54)，171-194.

12）東　幹夫・陣野聡子　1980：平戸島志々伎湾の底生動物群集Ⅰ．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報，(54)，195-208.

13）石川公敏　1977：伊万里湾底質調査への多変量解析手法の適用．16pp.，公害資源研究所.

14）石川公敏　1977：多変量解析手法による海洋環境調査結果の検討．39pp.，公害資源研究所.

15）田中　克　1980：志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究-Ⅰ.浮遊生活期仔稚魚の水平分布．西水研研報，(54)，231—258.

西水研研報 第54号，昭和55年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 54. Mar. 1980

志々伎湾における海水の流動 -I.1975年冬季

玉井 一寿

The Flow Pattern in Shijiki Bay - I.
A Pattern obtained in Winter, 1975

Kazuhisa TAMAI

In studying the survival of O-group red sea bream, *Pagrus major*, in Shijiki Bay, investigations on the flow patterns were carried out in winter, 1975, when the oceanic features of the bay are most predominant throughout the year.

In order to obtain the velocity and pattern of current, Euler's type measurement by moored current meter and Lagrange's type measurement by drogue tracking were employed during the period from 24～27 January. Simultaneously, hydrographic observations were made at 21 stations.

The results are summarized as follows:

1) The ranges of temperature and salinity were measured as 12～13°C and 34.0～34.5‰. Temperature and salinity of the mouth part were higher than those of the inner part of the bay. Horizontal and vertical distributions of temperature and salinity indicated that the oceanic water entered into intermediate and surface layers of the central part of the bay. While, proper water of the bay with low temperature and salinity occured in the innermost part of the bay, especially in the vicinity of Chidori Island.

2) According to the Euler's type measurement, tidal current, especially semi-diurnal current, prevailed against steady current in the surface layer of the mouth part of the bay. Semi-diurnal current back and forth along the coast line, and its mean velocity near the west coast attained 0.80 knot which is three times faster than the value measured near the east coast. On the other hand, the velocity of steady current was the same or only 1/20 of the tidal current. It flowed south or west near the west coast, but went northward near the east coast of the bay.

3) In the central part of the bay, velocity of tidal current decreased and it was equivalent to that of the steady current. Direction of current pointed to west or west-southwest at the surface layer shallower than 10 m. However, it directed

昭和55年1月16日受理 (Received January 16, 1980)
西海区水産研究所業績 第374号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 374)

toward north at the bottom layer. Velocity of current was about 1/5 to 1/7 as compared with the value obtained at the mouth part.

4) The results of drogue tracking revealed a fast current of 0.30 knot drifting from Megasaki to the open sea along the east coast of the bay. On the contrary, there was south or southeast current, 0.15 knot, in the central and inner parts of the bay, which was derived from the strong winter monsoon from north and northwest direction with the velocity of 8～15 knots.

5) In the central part of the bay, the current was flowing from Nokozaki on the west coast to Megasaki on the east coast. This suggested the existence of a boundary between the offshore and the proper bay water masses. This boundary was also detected from the results of hydrographic observations.

6) It was assumed that the current of surface layer flushed counterclockwise in the area outside the boundary and clockwise in the inner bay. Further, small eddies were suggested in the region of north of Iidabana and Chidori Island.

7) The flow pattern and arrangement of water masses in winter period seemed to correlate closely to the distributional pattern of red sea bream and *Evynnis japonica analogus*, another species of red sea bream.

は し が き

西海区水産研究所では1975年から３か年計画で，長崎県平戸島志々伎湾をモデル水域として，湾内における環境特性を総合的・構造的に把握するとともに，マダイの発育に伴う生き残りの因果関係を解明し，マダイ資源への補給機構や環境収容力を追求することを目的とする「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」という課題で調査研究が進められた．筆者はその中で湾内の海水流動に関する部門を分担した．

志々伎湾が位置する平戸島周辺の海洋調査は，五島灘・壱岐水道については長崎県水産試験場など[1-4]により実施されているが，平戸島付近の観測は比較的少なく[5,6]，とくに，志々伎湾内の流れに関する調査報告は皆無である．

上記の研究によって志々伎湾内の観測資料は，かなり蓄積されたが，ここではこれに先立ち1975年１月に実施された予備的調査の資料に基づいて，湾内の海水流動に関する検討結果を報告する．

海洋における環境の構造を規定している基本的な要因としての海水の流動は，生物学的分野においても浮遊生物の輸送・拡散等の過程に直接関与するとともに，マダイの発育初期段階での集合過程にとってもきわめて重要な契機となっていると考えられる．したがって，今後の志々伎湾の流動に関する構造解析とその変化過程の実体解明のための第一歩として，また，湾口近くで越冬するマダイ当歳魚の生活[7]やチダイ仔魚*の湾内への移入過程での冬季の物理的条件の実態を明らかにしておくために，予備的に１月の観測結果のみをとりあげることとした．

稿を進めるに先立って，本研究に対して種々のご指導とご助言をいただいた西海区水産研究所前海洋部長の青山恒雄博士**，近藤正人海洋部長および井上尚文海洋部第１研究室長に心から謝意を表する．また，現地調査においては，協力をおしまれなかった調査船陽光丸大村千之船長*** はじめ乗組員，乗船調査員，平戸市志々伎漁業協同組合（栗山重夫組合長）の組合員ならびにマダイ特別研究志々伎グループ員各位に御礼申し上げる．

* 西海区水産研究所：昭和51年度マダイ特別研究現地検討会議資料（1977年）
** 現東京大学海洋研究所教授
*** 現水産庁照洋丸船長

方法および材料

調査は，志々伎湾内において1975年1月24日～27日に実施した．調査項目は一般海洋観測・定置測流・海流板追跡を主体とした．それらの観測点を図1，実施概要を表1にそれぞれ示した．

表1．測流および一般海洋観測実施概要

Stn.	位置	年月日	調査内容	使用測器
I	33° 12.84′ N 129 22.63 E	1975．1.24～27	定置測流（海面下10ｍ）	ＮＣ－Ⅱ型自記流速計
Ⅱ	33 12.11 N 129 21.87 E	〃　〃	同　上	同　上
Ⅲ	33 11.50 N 129 22.75 E	〃　26～27	定置測流（海面下 2，10，18ｍ）	ＣＭ－２型電気流速計
	Stn. Ⅲ 周辺	〃　25～26	海流板追跡（海面下５ｍ）	海流板　２個
	湾全域	〃　27	一般海洋観測（21点）	転倒および北原式中層採水器

使用船舶：調査船陽光丸（213トン，大村千之船長ほか22名）　平戸市志々伎漁業協同組合所属太勝丸・広栄丸

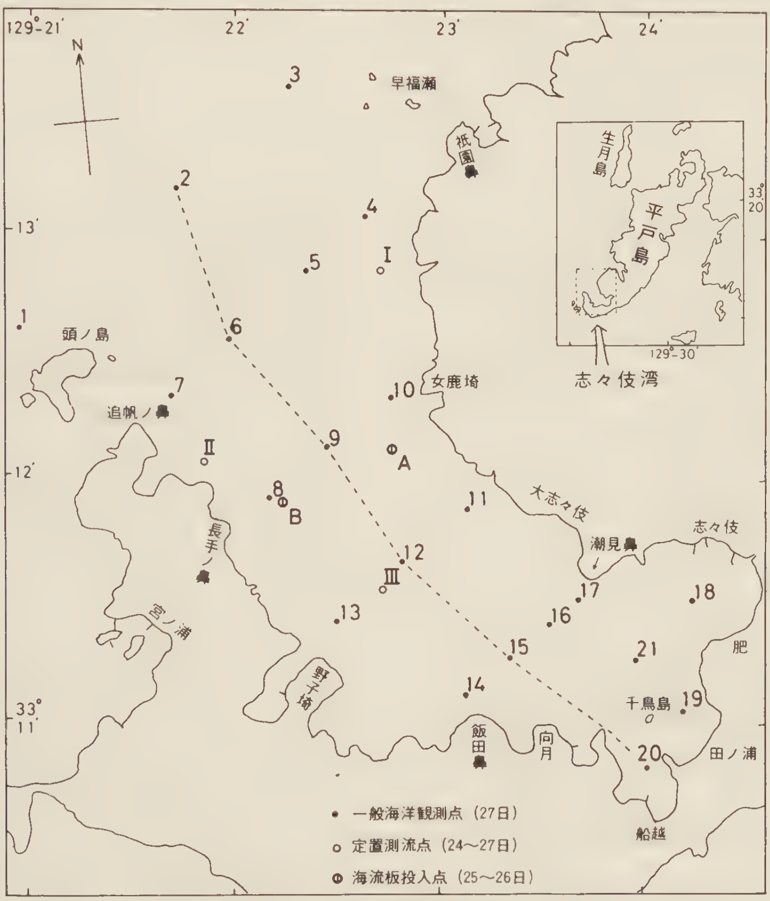


図1．調査海域および観測点分布図

1．一般海洋観測：観測は湾内全域をカバーする計21点（図1）で1月27日に実施した．観測項目は各層の水温・塩分および風向・風速・波浪などである．なお，志々伎湾の潮位は，海上保安庁の資料[8]を用いた．

2．定置測流調査：定置測流は湾口部東岸寄りにStn. I，同じく西岸寄りにStn. IIの2点を設け，NC-II型自記流速計を海面下10m層につり下げ，1月24日～27日にわたる3昼夜連続して実施した．同時に，湾中央のStn. IIIでは調査船を定置して，CM-2型電気流速計を用いて2m，10m，18mの3層の流れを1月26日～27日の約1昼夜連続して観測した．

3．海流板追跡調査：調査は1月25日～26日に実施された．図1に示すAとBの2点で海流板を同時に投入し，計21時間の追跡を行った．海流板の位置確認は，定置中の調査船のレーダーにより，海流板追跡中の調査艇をターゲットとして1時間間隔で行った．海流板はOGAWA *et al.*[9]と同一のものを海面下5mにセットして使用した．海流板の構造は図2に示した．

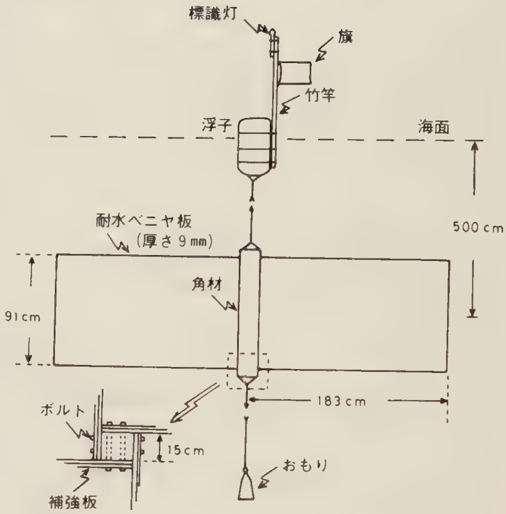


図2．海流板の構造図

結果

志々伎湾の地形や底質分布の特徴については木曾[10]が詳しく報告している．図3は，その報告より転用したもので，流れと関係の深い海底地形や底質分布を示した．本湾は湾口部が北西方向に開き，幅約2km，奥行き約5kmの小湾である．湾口部の水深は約30mで，等深線は湾の西岸寄りのこう配が強く，湾軸方向に沿ってゆるやかに変化している．海岸線はいくつかの小さな入り江やみさきによって構成されるが，ほとんど岩石地帯である．湾奥部は潮見鼻と飯田鼻とを結んだ線でややくびれ，その奥部には若干の砂浜が形成されている．湾奥部の低潮線下にはアマモ場がみられる．湾内の底質は，湾の海岸沿いではほとんど礫質，湾軸に沿った中央部で砂または砂泥質である．なお，湾中央部から湾奥の湾軸に沿った部分には礫質でおおわれた浅瀬の存在が特徴的である．



図3．海底地形と底質の分布

1．一般的な海況の特徴

湾内における水温・塩分・現場密度（σt）の水平分布を図4に，図1の点線で示した湾軸断面における鉛直分布を図5に示した．

水温は5m層・底層とも12.2～13.8℃で，湾外に高く，湾奥に低い水平分布である．また，塩分は34.0～34.5‰で，水温に似た水平分布である．現場密度は$\sigma t = 25.60$～26.10の範囲にあり，湾口に小さく，湾奥に大きい水平分布をしている（図4）．

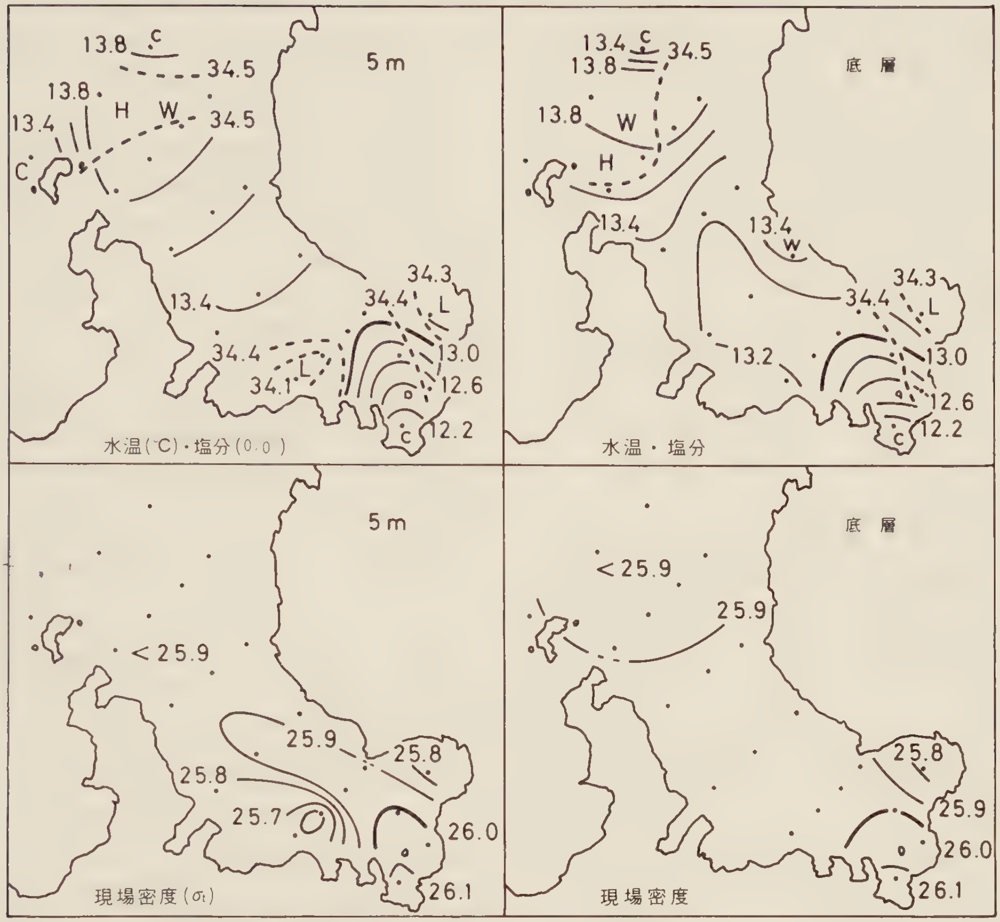


図4. 水温・塩分・現場密度の水平分布

水温・塩分の水平分布から，湾外水は相対的に高温で塩分の高い性質の水で，頭ノ島北西沖から湾口部西寄りにかけて分布する．一方，湾奥水は湾外水より低温・低塩であり，千鳥島周辺に分布する．この水は船越沖から潮見鼻方向へ張り出している．また，志々伎寄りの水域には湾奥水より0.5〜1.2℃高温で，0.10‰前後低塩な水が分布している．この低塩な水は，志々伎寄りに存在する小河川からの淡水流出によりかん養されたものであろう．湾中央部の水は湾外水と湾奥水との中間的性質を持つ．底層においては13.2℃台の水が湾軸に沿って飯田鼻沖から女鹿埼南沖に張り出している．また，飯田鼻北沖の5m層には湾内で最も低塩な34.1‰台の水が認められる．

＊浜田七郎：未発表

調査時の湾内の水平傾度を5m層についてみると，水温では0.37℃/km，塩分では1‰/kmであり，春・秋両季（0.07〜0.22℃/km，0.008〜0.014‰/km）* に比べ水温・塩分の水平傾度は水平的にかなり大きい．

一方，水温・塩分の鉛直分布（図5）は，Stn. 20の12℃台，Stn. 15の8m以浅の34.0‰台の値を除くと，全観測層とも13℃台，34.40〜34.52‰の範囲で，鉛直傾度の小さい分布パターンである．浜田[11]は他の季節においても本湾の水温・塩分の鉛直差が他の内湾に比べて小さいことを指摘している．現場密度はStn. 15の10m以浅のσt＝25.80以下を除くと，σt＝25.82〜26.14の範囲にある．σt＝25.90の等量線から，湾中央の海水は底層付近を湾口へ向かう流動傾向を示してい

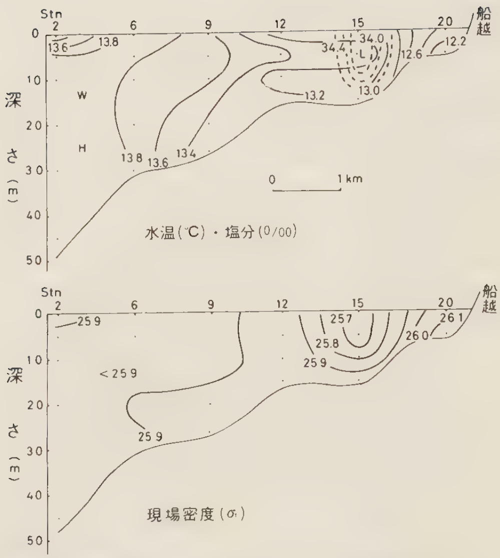


図5. 湾軸断面における水温・塩分・現場密度の鉛直分布

るし，Stn. 15を中心とした水域には時計回りの小さいうずの形成も認められる.

2. 湾口・湾中央部における流れの特徴

定置測流結果から，Stn. I，II，IIIの10m層の潮流長円および恒流図を図6に，湾中央部のStn. IIIにおける測得流ベクトルを図7に示した．表2はStn. I，II，IIIにおける測得値を次式により，調和分解して求めた恒流と潮流の調和定数である.

$$U=U_0+U_1\cos(15^\circ t-\alpha_1)+U_2\cos(30^\circ t-\alpha_2)+U_4\cos(60^\circ t-\alpha_4)$$

$$V=V_0+V_1\cos(15^\circ t-\beta_1)+V_2\cos(30^\circ t-\beta_2)+V_4\cos(60^\circ t-\beta_4)$$

ここに，U_0，V_0は恒流の東分および北分である．$U_1\cos(15^\circ t-\alpha_1)$，$V_1\cos(15^\circ t-\beta_1)$は日周潮流，$U_2\cos(30^\circ t-\alpha_2)$，$V_2\cos(30^\circ t-\beta_2)$は半日周潮流，そして$U_4\cos(60^\circ t-\alpha_4)$，$V_4\cos(60^\circ t-\beta_4)$は1/4日周潮流のそれぞれ東分および北分を表わす.

調和定数から算出した潮流長円の諸要素と恒流成分は表3に示した.

Stn. I，II，IIIの10m層の主な流れの成分は潮流であるが，Stn. I，IIでは半日周潮流が卓越し，Stn.

表2. Stn. I，II，IIIにおける恒流と潮流の調和定数

Stn.	測定期間	深さ	成分	恒流	1日周潮流		半日周潮流		1/4日周潮流		子午線上経過時	月齢
		m		cm/s	cm/s	°	cm/s	°	cm/s	°		日
I	1975. 1.24～25	10	E	1.0	5.0	202	3.0	248	3.0	147	24日	11.7
			N	3.0	16.0	65	20.0	166	9.0	85	21時31分	−12.7
	〃 25～26	〃	E	−1.0	4.0	183	7.0	300	3.0	295	25日	12.7
			N	11.0	9.0	339	26.0	169	12.0	76	22時31分	−13.7
	〃 26～27	〃	E	−5.0	2.0	230	3.0	351	4.0	304	26日	13.7
			N	14.0	3.0	332	15.0	172	14.0	83	23時32分	−14.7
II	〃 24～25	10	E	−7.0	16.0	13	25.0	110	9.0	300	24日	11.7
			N	−3.0	4.0	197	7.0	277	3.0	139	21時31分	−12.7
	〃 25～26	〃	E	−10.0	11.0	348	37.0	96	17.0	258	25日	12.7
			N	2.0	2.0	154	13.0	271	11.0	103	22時31分	−13.7
	〃 26～27	〃	E	1.3	14.0	319	41.0	81	14.0	249	26日	13.7
			N	−1.6	5.0	124	5.0	272	8.0	86	23時32分	−14.7
III	〃 26～27	2	E	−2.0	2.0	141	2.0	127	0.3	78		
			N	−0.4	0.7	31	0.7	19	1.0	346	〃	〃
	〃 〃	10	E	−1.3	0.8	179	1.2	151	0.4	14		
			N	0.4	1.3	174	0.6	345	0.7	260	〃	〃
	〃 〃	18	E	−0.5	1.0	357	1.0	174	0.4	174		
			N	1.0	0.4	137	2.2	358	1.0	301	〃	〃

cm/s：速度，°：方向の単位を示す.

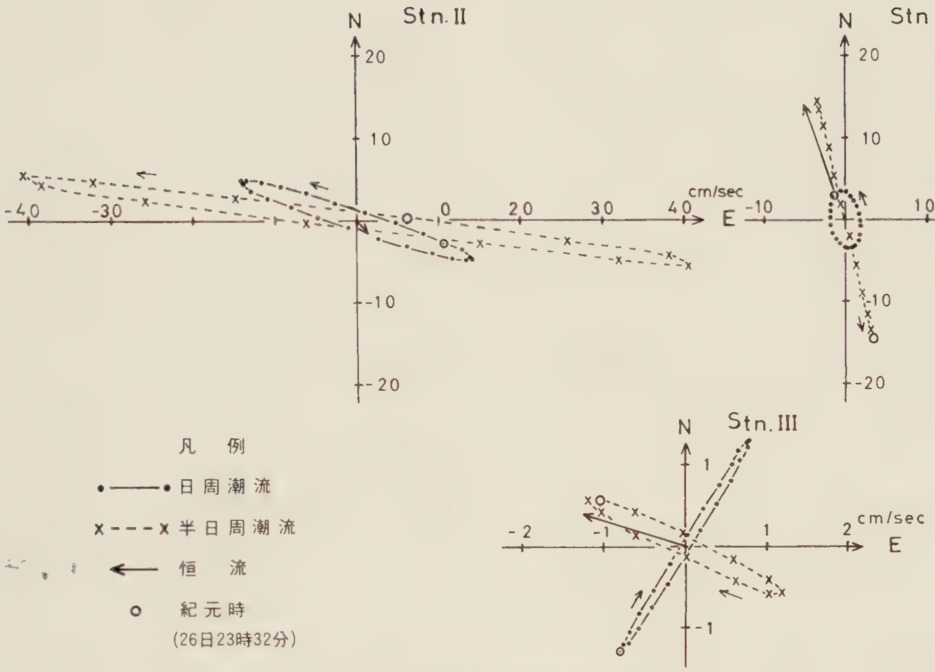


図 6.　Stn. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲにおける10ｍ層の潮流長円および恒流図（1975年 1 年26～27日）

表 3.　10ｍ層の潮流長円諸要素および恒流成分（1975年 1 月）

Stn.	調査日	1日周潮流 L	S	D	半日周潮流 L	S	D	恒流	
		cm/s	cm/s	°	cm/s	cm/s	°	°	cm/s
Ⅰ	24～25	16.5	3.5	345	20.2	3.6	1	19	3.0
	25～26	10.0	1.0	158	26.0	5.0	348	356	11.0
	26～27	3.0	1.9	166	15.2	0.0	348	341	15.0
Ⅱ	24～25	16.0	0.2	284	26.0	0.1	105	248	8.0
	25～26	11.0	0.6	282	39.0	1.0	109	280	10.0
	26～27	14.8	1.1	289	41.2	0.9	97	141	2.0
Ⅲ	26～27	1.5	0.0	31	1.3	0.1	116	287	1.3

L：長軸長，S：短軸長，D：長軸方向

Ⅲでは日周潮流が比較的優勢である．半日周潮流の長軸方向は Stn. Ⅰで北北西～南南東，Stn. Ⅱでほぼ東～西，Stn. Ⅲで東南東～西北西（日周潮流では北北東～南南西）であった．半日周潮流の最大流速はStn. Ⅰで15cm/sec，Stn. Ⅱで41cm/sec，Stn. Ⅲで 1cm/sec で，湾口西側で最も速く，Stn. Ⅲの湾中央部では非常に遅い．長円の形状から，湾口東側（Stn. Ⅰ）の潮流は他の 2 点と異なり海岸線に平行した南北方向の往復運動を繰り返すようである．一方，恒流は Stn. Ⅰでは北北西へ15cm/sec，Stn. Ⅱでは南東へ 2cm/sec，Stn. Ⅲでは西北西へ 1cm/sec を示し，速度は湾口東側で速く，西側および湾中央部で遅い．

恒流の速度は湾口東側の Stn. Ⅰでは 3 日目（1月26日～27日）を除くと，半日周潮流の最大流速の1/2～

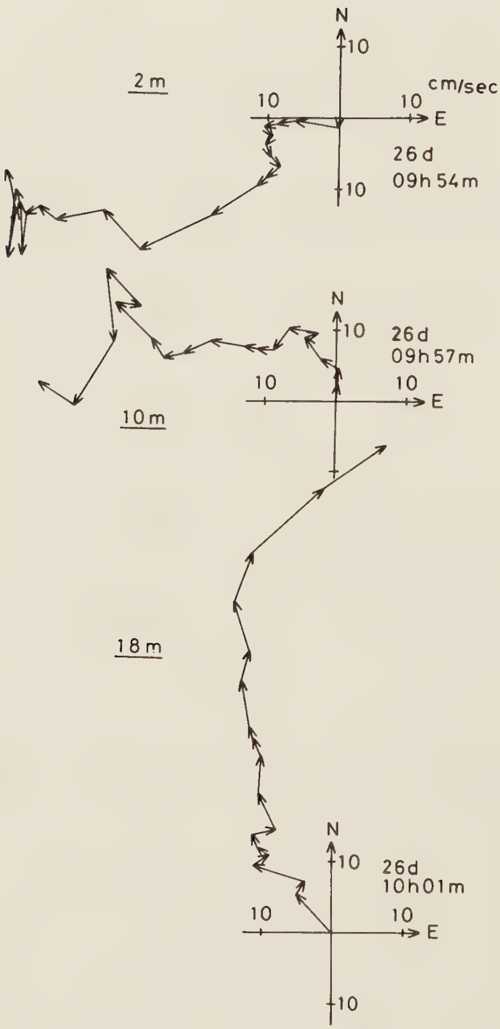


図 7. 湾中央部（Stn. Ⅲ）における測得流ベクトル

1/7程度，また，湾口西側の Stn. Ⅱではその最大流速の1/3〜1/20程度である．しかし，湾中央部の Stn. Ⅲの恒流速度は日周および半日周潮流の最大流速とほぼ同じである（表3）．したがって，湾口付近の流れは主として半日周潮流に左右されることがわかる．図6から潮時による半日周潮流の流速変化を見ると，高潮時の流速は Stn. Ⅰで14cm/sec，Stn. Ⅱで18ないし26cm/sec，Stn. Ⅲで1.0cm/sec である．一方，高潮時3時間後の下げ潮時のそれは13cm/sec（Stn. Ⅰ），3cm/sec（Stn. Ⅱ），0.9cm/sec（Stn. Ⅲ）となっている．また，低潮時にはそれぞれ 5cm/sec，33cm/sec，0.2 cm/sec，低潮時3時間後の上げ潮時には 6cm/sec，40 cm/sec，0.9cm/sec の流速を示す．このように，潮時による流速の変化は，湾中央部（Stn. Ⅲ）においては各潮時とも 1cm/sec 以下の速さで非常に小さいのに対して，湾口部の2点（Stn. Ⅰ，Ⅱ）では大きい．なかでも，西側の Stn. Ⅱで著しい．湾口部において下げ潮時の流れは，東側で上げ潮時の流れより3倍程度速いけれども，西側では逆に上げ潮時の流れの 1/13 程度の規模である．

Stn. Ⅰ，Ⅱにおける定置測流結果を総合すると，湾内の流れは次のようにまとめられる．湾口における表層流* は湾口東側では海岸線に平行した南北方向の，また，湾口西側では東西方向の往復運動を繰り返しながら，全体としては東側では湾外へ，西側では西岸または湾中央へ向かって10cm/sec 前後の速さで流れている．一方，図7から，湾中央部（Stn. Ⅲ）における測得流は潮汐作用によってほぼ東西方向の往復運動を繰り返しつつ，全体としては10m以浅では西南西ないし西へ，底層付近では北（湾口東側）へ向かって流れている．それらの平均流速は 11cm/sec 以下で，湾口部に比べ1/5〜1/7程度の速さである．

3. 海流板の移動状況から見た流れ

2個の海流板の流跡を図8に，海流板の移動速度の経時変化を図9にそれぞれ示した．海流板の移動速度は実際の流れと海流板の海面上の部分に働く風による風圧流の両速度が合成されたものである．今回用いた海流板（図2）は，移動速度が10cm/sec 以下の場合には，風力3以上の風の影響は海流板の移動速度の1割を超えるが，20cm/sec 程度で移動する場合には風力4以下の風の影響は海流板の移動速度の1割以下になるように設計されている[9]．本調査時の風は北寄り（北西〜北北東）で風速3〜7 m/sec（風力2〜4）であり，一方，海流板の平均移動速度は 8cm/sec 程度であったので，海流板に及ぼす風の影響は移動速度の1割強と見込まれ，海流板の移動状況は，湾内における表層水の動きをおおむね反映しているものとみなすことができる．

＊本報では表層流とは10m以浅の流れを指して用いているが，冬季の季節風の連吹作用により，表面付近に生じる流れを，とくに皮流と称して区分して用いた．

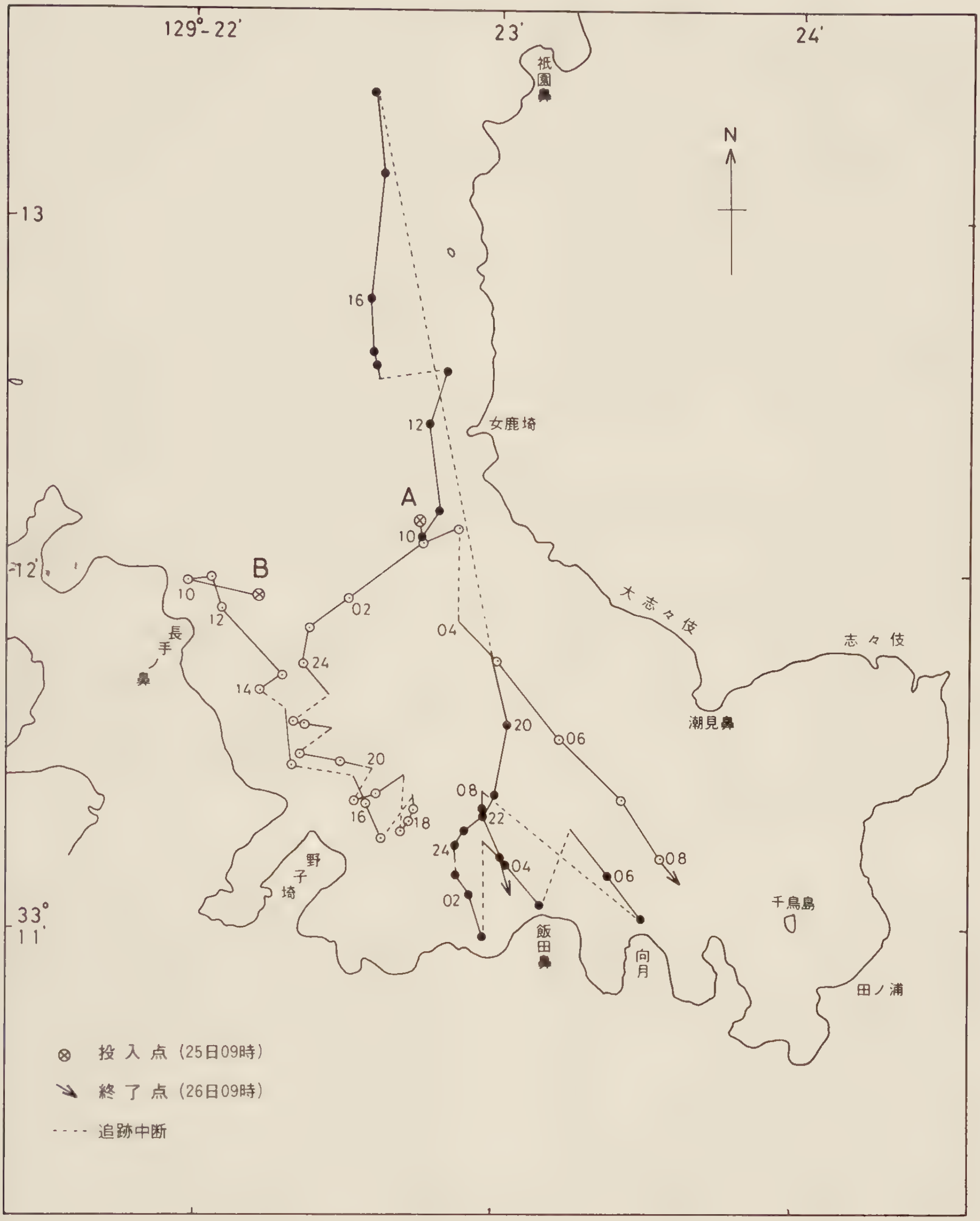


図8．A，B 両海流板の流跡

海流板の追跡は，女鹿埼南西沖のA（図8）では1月25日 9時11分に開始し，同26日 9時35分に終了した．その間の追跡時間は20時間43分，移動距離は 3.1海里，平均移動速度は7.7cm/sec であった．一方，長手ノ鼻東沖のBの追跡は1月25日 9時23分に始め，同26日 8時56分に終了した．その間の追跡時間および移動距離はそれぞれ20時間40分，3.3海里であった．平均移動速度は8.2cm/sec である．

図8の流跡図で，点線は，海流板が湾内に設置されている定置網や5m以浅の浅所（図3）に接近した場

合や，湾外へ流去した時には，海流板を移動させたので追跡が中断された部分である．

Aの海流板の流跡からは，女鹿埼南沖から東岸沿いを北上して湾外へ向かう流れが認められる．平均速度は15cm/sec と比較的速い．しかしながら，女鹿埼と長手ノ鼻とを結ぶ線より湾奥側では，A，B両海流板ともに潮汐作用に伴う変化を示しながら，大志々伎の沖から南東ないし南へ流れる傾向が強い．移動速度は平均6cm/sec である．また，Bの海流板は投入点の南東沖から対岸の女鹿埼方向へ移動しており，湾内では流れの境界が少なくとも表層ではこの付近に形成されていることを示唆しているし，水温分布（図4）からもこの水域に境界の存在することが暗示される．

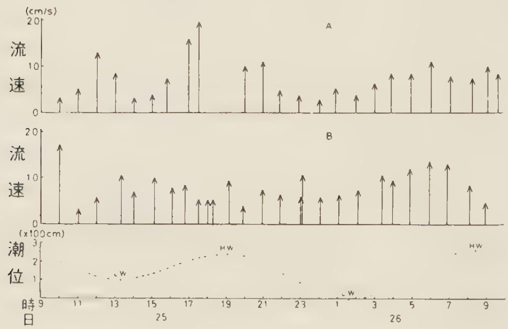


図9．海流板移動速度の経時変化

図9はA，B両海流板の移動速度を測定時ごとにプロットしたものであるが，移動速度は不規則ながらも潮位変化にかなり対応した変化を示すようである．速度変化を潮時別に見ると，速度は25日10時の下げ潮時にはAで3cm/sec，Bで17cm/sec，一方，25日13時の低潮時にはそれぞれ8cm/sec，10cm/sec である．25日16時の上げ潮時には7cm/sec（A），8cm/sec（B），25日19時の高潮時にはBのみで9cm/sec の速さである．また，25日22時の下げ潮時には5cm/sec(A)，6cm/sec(B)，26日1時の低潮時にはそれぞれ5cm/sec，6cm/sec，26日5時の上げ潮時には8cm/sec，12cm/sec，26日8時の高潮時には7cm/sec，8cm/sec の速さである．Aの移動速度は25日10時の下げ潮時を除くと，潮時による差は小さい．一方，Bでは25日10時の下げ潮時と13時の低潮時および26日5時の上げ潮時に10cm/sec 以上の速さを示し，潮時による差が多少認められる．

しかし，前述した湾中央以奥の表層流には吹送流による効果がかなり出ているようであるので，調査時の風速値を用いてトラーデの式で吹送流の速度を試算してみると，速度は4.6〜11.8cm/sec となる．この値は海流板の平均移動速度にほぼ一致している．

考　　察

志々伎湾は外洋に面し，湾の形状や30m以浅の海深などから（図1・図3），とくに，冬季の季節風の風向が北西方向の湾軸と一致するため，冬季の季節風の影響を受けやすい湾である．定置船上からの目視観測によっても，風浪やうねりは湾外から侵入して，湾南岸の野子埼〜飯田鼻付近にまで及んでいた．したがって，冬季の湾内における水塊分布とその変化の考察には気象の影響を無視できない．湾奥の千鳥島周辺域に分布する冬季の湾奥水は，湾外水が皮流によって湾口から湾中央へ，そして湾奥へと運ばれる間に，海面からの冷却作用を受けて降温するとともに，湾奥部において鉛直混合した結果形成されたものであろう．したがって，湾奥水の性質を持続させる主要因は，冬季の季節風であると考えられる．

これまでに述べてきた一般海洋観測や測流調査の結果を総合すると，冬季の湾内における表層流パターンと断面内の鉛直流動は模式的に図10のように描かれる．冬季，湾内においては海流板追跡や一般海洋観測結果から流れの境界が女鹿埼〜野子埼を結んだ線付近に形成されるが，この境界は春季にもほぼ同じ水域に認められている[11]．また，春季には飯田鼻と潮見鼻を結んだ線付近にも流れの境界が形成される可能性を裏付けるデータが得られている[12]が，冬季においても水温分布など（図4）から判断すると，境界の存在が示唆される．

しかしながら，海流板追跡結果からはその存在を推定するデータは得られなかった．

図10に示されるように，冬季の湾内の表層流は全体的には女鹿埼〜野子埼の線を境界として異なり，湾口側で0.11〜0.31ノットの速さで左回り，湾中央部で0.10ノット以下の速さで右回りの水平流動パターンが考えられる．また，飯田鼻の北沖や千鳥島周辺域には



図 10．1975年1月の表層流パターンおよび断面における流動模式図
水平図：10ｍ層の恒流，数字は速度（ノット）
断面図：…→皮流，──→表層流，－－→底層流
：流れの境界

現場密度分布からうずの形成が推定される．一方，断面の鉛直流動模式図に示したように，ごく表層を湾口から湾奥へ向かう皮流が卓越する．しかし，中層付近には等温線や現場密度分布から判断して，表層流（図10上段）に近い流れが生じているものと考えられる．一方，湾中央部以奥の底層には等温線や等密度線分布からみて，湾奥側から湾中央部の境界に向かう流れが推察されるし，境界より外側では逆に湾外から湾中央部へ向かう流れが考えられる．

以上のような流動パターンから，志々伎湾は女鹿埼と野子埼とを結ぶ線を境として大きく2つの水域に区分される．この境界より外側の水域は外海水の影響下にある湾外水域，また，境界より内側の水域は湾内水域と位置づけることができる．流れのパターンからはかならずしも明確には区分できなかったが，湾内水域は，水温・塩分および現場密度分布を考慮すると，潮見鼻と飯田鼻とを結ぶ線を境としてさらに2水域に細分できるのではないかと考えられる．このような流動パターンによる志々伎湾の湾内水域の区分は春季にも認められている[12]．浮遊生活期のマダイ仔稚魚の分布域はこの流動パターンと密接に対応し，その主分布域は湾外水域であることが明らかにされている[13]．

マダイ仔稚魚よりは数か月早く冬季に出現するチダイ仔稚魚に関しては，浮遊生活期の仔魚の分布調査が実施されていないので，湾内への輸送や移入の詳細は不明である．しかし，小型底びき網による調査* によれば，底生生活期への移行期と推定される全長15〜20㎜のチダイ稚魚が船越沖や田ノ浦などの湾最奥部を中心に採集されている．一方，全長11〜21㎜のマダイ稚魚は，湾中央部の野子埼沖や湾奥部の潮見鼻沖を中心に出現する[14]．このように，チダイとマダイで底生生活期の出現水域が水平的に異なる事実は，両者の出現する時期の本湾の海況条件が相違することに起因するのであろう．すなわち，チダイの出現する冬季には，北西の季節風による皮流が発達し，この流れがチダイ仔稚魚を湾奥深くまで輸送する一つの条件を構成するものと推察される．

すでに述べたように，冬季には皮流の発達により湾外水の湾奥部への影響は他の季節に比べてはるかに著しく，水温・塩分の観測値に示されるように，湾内水はより外海水に近い性質を示すものと考えられる．このことは，マダイ仔稚魚の生態調査[15]によれば，マダイ幼魚は沿岸域の深みで越冬することが知られているのに対して，本湾ではこの調査を実施した時期にもマダイ当歳魚が採集されており，その後の吾智網による調査においても冬季に湾内水域においてかなりの数のマダイ当歳魚の分布が確認されている[14]ことなどと何らかの関係があるのかも知れない．

湾内水域は潮見鼻〜飯田鼻を結んだ線を境界として，さらに2水域に細分される可能性を述べた．つまり，季節風の影響を強く受ける冬季において，湾内に3水域の存在が推定される．このような水域区分は本湾の無機環境の季節変化や水域特性[11]からも，また，春季の魚卵・仔稚魚[13]や動物プランクトン[16]の出現状況からも裏づけられている．

以上，冬季の調査によって志々伎湾の海況特性の一部と，冬季における湾内の海水流動について述べた．ここに得られた結果は，今後マダイ仔稚魚が出現する

＊西海区水産研究所：昭和51年度マダイ特別研究現地検討会議資料（1977年）．

春季以降の湾内の流況を考える上で，その手掛りとなるであろう．湾外水と湾内水との交流は湾口部で活発に行われるとともに，湾奥でもかなり盛んであることが水温分布などから推察された．このように，海水の交流が盛んに行われるのは冬季の特徴とも考えられ，今後は春季の流況への変化過程が明らかにされるのをまって，さらに検討する必要があろう．したがって，続報では春季の湾内の流動パターンを明らかにするとともに，海水の交流・交換機構に関しても検討を加えていきたい．

要 約

志々伎湾内において1975年1月24日～27日の間に，一般海洋観測，定置測流および海流板追跡の諸調査を行った結果，以下の知見が得られた．

1．湾内には13℃台，34.5‰前後の湾外水と，12℃台，34.4‰前後の湾奥水およびその中間的性質を持つ水が分布していた．水温・塩分の傾度は他の季節に比べて水平的に割合大きく，鉛直的には小さい分布パターンであった．一方，現場密度分布から判断すると，湾奥水は固有の性質を有していた．

2．水温や現場密度の断面分布を見ると，海水は中層以浅で湾口から湾中央へ，底層付近で湾中央から湾口へ移動する様子が認められる．飯田鼻北沖にはうずの形成が推定される．

3．湾口部の表層流は，潮流が恒流よりも卓越する（主に半日周潮流）．潮流は海岸線にほぼ平行した往復運動を示し，流速は湾口西側で最大41cm/secと東側より3倍程度速い．一方，恒流は東側で北へ，西側で西ないし南へ向かって潮流の1/2～1/20の速さで流れていた．

4．湾中央部の流れは，潮流・恒流とも非常に遅く1cm/sec以下の速さである．流向は全体として10m以浅では西ないし南西，底層付近では北であり，90°近くのずれがみられる．流速は湾口部に比べはるかにゆるやかで，その1/5～1/7程度であった．

5．海流板の追跡結果から，女鹿埼沖から東岸沿いを湾外へ向かう15cm/secと速い流れが認められた．一方，湾中央部以奥の5m層の流れは，潮汐作用を受けた変化をしながら南東～南へ平均流速8cm/secで流れる傾向が強かった．

6．海流板の流跡は，女鹿埼～野子埼を結んだ線に流れの境界が存在することを示唆している．その境界は等温線分布などからも推定された．

7．湾内の水温や現場密度の分布および測流結果から，湾内の表層には流れの境界をはさんで，湾口側で左回り，湾奥側で右回りの異なった流れが推定される．また，飯田鼻北沖や千鳥島周辺域にはうずの形成も推察された．

8．このような表層流パターンや現場密度分布から，湾最奥部は一種の閉鎖性を有する水域と考えられ，結局，湾内は冬季において大別すると3水域に区分される．

9．冬季の季節風による皮流の発達は，チダイ仔稚魚の湾奥への輸送やマダイ当歳魚の湾内水域での越冬と密接に関連するものと推察される．

文 献

1）西海区水産研究所海洋部 1976：漁場海況概報（1975年1月～12月）．(50)，60pp..

2）第七管区海上保安本部水路部 1965：九州北岸壱岐水道の潮流．48pp..

3）佐賀県水産試験場 1969：Ⅲ．潮流調査．伊万里湾海洋生物調査報告書，3-24．

4）第十管区海上保安本部 1975：九州周辺の平均海流図．14pp..

5）O. Tanaka, H. Irie, S. Iizuka and F. Koga 1961: The fundamental investigation on the biological productivity in the north-west of Kyushu I. The investigation on plankton. *Rec. Oceanogr. Works in Japan*, Special No. 5, 1-53.

6）長崎県水産試験場 1971：平戸市志々伎湾漁場調査結果．長崎県沿岸漁場図集，第11集，42-49．

7）田中　克　1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当才魚の生産をめぐる問題点．漁業資源研究会議報，(20)，77-102．

8）海上保安庁　1975：昭和50年潮汐表．第1巻（海上保安庁水路部編），285pp.，財団法人日本水路協会，東京．

9）Y. Ogawa, T Miita, A. Ichihara, Y. Hasegawa and N. Inoue 1978: Fluctuation of the Tsushima Current measured with the current drogue. *This Bull.*, (51), 13-44.

10）木曾克裕　1980：平戸島志々伎湾の海底地形と海底堆積物の特徴．西水研研報，(54)，135-140.

11）浜田七郎　1980：志々伎湾の海況特性．西水研研報，(54)，141-155.

12）玉井一寿　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構一流況．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局．

13）田中　克　1980：志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究-I．浮遊生活期仔稚魚の水平分布．西水研研報，(54)，231-258.

14）畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278.

15）福岡県福岡水産試験場・佐賀県水産試験場・長崎県水産試験場・熊本県水産試験場・鹿児島県水産試験場　1975：東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書（A.九州西海域篇），1 25.

16）上田拓史　1980：志々伎湾における動物プランクトンに関する研究-I．1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布．西水研研報，(54)．171-194.

志々伎湾の動物プランクトンに関する研究-Ⅰ．1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布

上田　拓史*

Zooplankton Investigations in Shijiki Bay-I. Compositions of Zooplankton and Distributions of Copepods from April to August, 1975

Hiroshi UEDA*

As a part of the study concerning the ecology of the red sea bream, *Pagrus major*, in Shijiki Bay, the occurrence of zooplankton at 22 stations inside of the Bay and at 4 stations outside the Bay was investigated from April to August, 1975, by vertical tows from the bottom to the surface with a 0.1 mm-mesh plankton net. The settling volume and the abundance of zooplankton (excluding protozoa) were very low in April and May but higher in July and August. Copepods were generally the major group of the zooplankton, while the larvae of bottom invertebrates, especially barnacle nauplii in July and gastropod and lamellibranch veligers in August, were fairly abundant in the Bay; at some stations they outnumbered the copepods. Shijiki Bay is considered, from biological viewpoint, as a relatively open bay in spite of its geomorphological feature of embayment, because most of the dominant copepods belonged to the forms distributed widely in coastal waters. Percentage occurrences of the dominant genera in copepod nauplii did not correspond to those of the dominant species in copepodites. This seems to be resulted from avoidance activities of copepodites, losses of nauplii through the net, and differences in distribution between copepodites and nauplii.

Important copepods in Shijiki Bay from April to August are divided into three groups according to their distributional patterns. The group I includes *Paracalans parvus, Acartia clausi, Oithona similis, O. nana, O. simplex*, and *Euterpina acutifrons*, distributed from the mouth part to the inner part without varying their abundances

昭和54年11月13日受理 (Received November 13, 1979)
西海区水産研究所業績 第359号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 359)
*琉球大学理学部海洋学科 (Department of Marine Sciences, University of the Ryukyus)

significantly. The group II includes *A. steueri, O. brevicornis, Eurytemora pacifica, Pseudodiaptomus marinus, Paracalanus crassirostris* ?, and *O. oculata*, distributed mainly in the innermost part. The group Ⅲ includes *Oncaea* spp., *Corycaeus* spp., *Microsetella norvegica*, and large oceanic forms of *Oithona*, which clearly decreased their abundances to the inner part. The distributions of the groups Ⅱ and Ⅲ suggest that Shijiki Bay may be divided into two parts; the more oceanic outer part and the more closed inner part. The boundary was found in a relatively inner part of the Bay.

The abundances of *Acartia* copepodites may be underestimated because of their patchy concentrations on the bottom. The actual abundances of the copepodites in water from April to June, when the larvae and juveniles of the red sea bream occurred in the Bay, are tentatively estimated to be about tenfold larger than those in the net from the percentage occurrences of this genus in the nauplii. These patchy concentrations of the *Acartia* copepodites on the bottom are considered to be very important as foods for the planktivorous larvae and juveniles of the red sea bream, especially for the juveniles at transferring stage from pelagic to demersal life.

緒　　　言

この研究は，1975年に西海区水産研究所が開始した志々伎湾におけるマダイ幼稚魚の生態研究の一環として，当湾の水塊構造と特性を動物プランクトンの組成と分布から明らかにし，あわせてプランクトン食性マダイ稚仔の湾内における餌料環境を評価するために行われたものである．動物プランクトンの水塊指標性はよく知られているが，とくに矢虫類は代表的な指標種を含む分類群として最も重要視されている．しかし，内湾性の矢虫類は種数が少なく，また分布に関するこれまでの研究の多くは沿岸・外洋域に限られ，本研究のような一小湾内における水塊区分や特性を明らかにするためには必ずしも適するとはいえない．これに対し，橈脚類は内湾に出現する種数も多く，また湾内の出現種の組成から湾奥部から湾口部にかけていくつかの水域に分けられ，内湾の特性を類型づける指標生物として有効であることが YAMAZI [1] によって示されている．一方，プランクトン食性マダイ稚仔の餌料生物としても橈脚類が最も重要であることは言うまでもない．

これまで行われてきた橈脚類の分布に関するほとんどの研究において，発育齢もしくは成体と幼体の区別はなされずコペポダイト全体を一括計数して，それを単位として種の分布が論じられてきた．また，ノープリウスについては分類学的記載が完全でなく，種の査定が困難であるため特定の種の生活史等を研究する場合以外，種別に取り扱われることは稀であった．しかし，一般にコペポダイトよりノープリウスの方が個体数が多く，より定量的扱いが容易となることが考えられる．著者[2] は，内湾性橈脚類，とくに *Acartia* 属の成体もしくはコペポダイト後期個体による極端な集中分布を潜水観察しており，また，LANDRY [3] は *A. clausi* のノープリウスとコペポダイトの垂直分布が異なり，日中，ノープリウスは表層に多く，コペポダイトは底表面に集中分布すると報じている．このように，コペポダイトが採集困難な場所に偏在的に分布するような種については，とくにノープリウスの方が容易にその出現を確認でき，かつ的確にその現存量に応じた採集量を得ることができるであろう．こうした配慮にもとづき，本研究では可能な限りノープリウスの種または属の識別を行った．

当湾における動物プランクトン調査は1975年4月から1976年4月まで行われたが，本報では湾内に浮遊期マダイ稚仔が出現する期間を含む1975年4月から8月までの結果について報告する．なお，当湾の水深，底質，流況，および本期間中の諸環境条件については別に報告されている[4]．

本論に入るに先だち，志々伎湾におけるマダイ研究を実施された当時の西海区水産研究所林　知夫所長（現広島大学生物生産学部教授）ならびに同上村忠夫所長（現北海道区水産研究所長），およびマダイ特別研究の総括責任者を担当された同所伊東祐方前底魚資源部長（現東海区水産研究所資源部長）に感謝の意を表する．西海区水産研究所のマダイ研究志々伎グループと著者との連絡の労をとられ，終始有益な御批判をいただいた同所底魚資源部畔田正格第二研究室長ならびに浮魚資源部田中　克技官，および著者が同研究所を訪れるたびに数々の助言と暖かい励ましを与えられた浮魚資源部安楽正照博士に厚く御礼申し上げる．また，プランクトンの採集は海洋観測時に行われたものであり，その責任者として活躍された同所海洋部浜田七郎主任研究官をはじめ調査船乗組員の方々に心から謝意を表する．なお，研究開始当時，著者は京都大学農学研究科大学院生であったが，本研究の機会を与えられ御援助いただいた同大学農学部岩井　保教授に深謝の意を表する．

方　　　法

動物プランクトンの採集は，湾内海洋観測調査として毎月 Fig. 1 に示した Stn. 1 から Stn. 22 の定点で行った．ただし，4月の Stn. 1 から Stn. 13，および5月の Stn. 11 は欠測した．この湾内調査の他にマダイ仔稚魚の湾外採集[5]に合わせ，1975年5月8日に Stn. 19′，24，29で，5月24日に Stn. 19′，24，32で，および6月6日に Stn. 19′，24，32 でそれぞれプランクトンを採集した（Fig. 1）．採集はろ水計を取り付けた口径43cm，側長180cm，網目0.1mmのプランクトンネットを用い，底近くからの垂直びきによった．サンプルは船上で直ちにホルマリン固定し，研究所にいったん保存した後，24時間沈殿量の測定と動物プランクトンの計数を行った．このため，沈殿量の値は植物プランクトンの組成によっては採集直後に測定して得られるべき値よりある程度小さくなっているものとみなされる．サンプルはフォルサムのプランクトン分割器により最大 1/64 まで分割した後，さらに口を切った内径4mmまたは6mmのメスピペットで撹拌しながら抽出し，4月から7月まではろ水量で0.1m³以上，8月は0.02m³以上の標本海水中に含まれる全個体数を計数した．



Fig. 1. 湾内調査（Stn. 1～22）および湾外調査（Stn. 19′，24，29，32）における採集点の位置．
Map showing the sampling stations inside (Stn. 1～22) and outside (Stn. 19′, 24, 29, 32) Shijiki Bay.

ノープリウスの査定はすでに著者[6]が示した文献をよりどころとしたが，採集月または採集点によっては近縁種もしくは近縁属がかなり出現し，種までの査定はほとんど不可能であった．このためこの海域に出現するノープリウスのうち識別可能な *Eurytemora pacifica*, *Pseudodiaptomus marinus*, *Euterpina acutifrons* を除いて，他はおおよそ属別に計数を行った．しかし，それでもなお近縁な属である *Paracalanus*, *Acrocalanus*, *Clausocalanus*, *Calocalanus*，および，

Ctenocalanus のノープリウスはそれらをすべて比較すべき文献もなく識別は困難であった．これらについては優占する *Paracalanus* の他は量が非常に少なかったため，*Paracalanus* ノープリウスの各発育齢と比べてとくに大きさの異なる個体を除きすべて *Paracalanus* として計数した．優占する橈脚類のコペポダイトは通常各発育齢に分けて計数したが，ここにおいても *Paracalanus parvus* のコペポダイト初期幼体と近縁属のそれらとの間の識別は難しく，*P. parvus* として計数した中に他属の個体が含まれているものとみなされる．しかし，この場合もまた，識別可能な他属のコペポダイト後期個体の出現量の少なさから考えて，結果を大きく左右することにはならないであろう．*P. parvus* 以外の優占種について計数上問題となったのは *Acartia clausi* と *A. steueri* の幼体である．両種の幼体の比較観察によればコペポダイト5期では *A. steueri* の第5胸節後縁部に微小な棘が現れ，それによっても両種を識別できるが，4期以前では両種を識別する唯一の形質は頭部腹側にある吻糸だけとなる（*A. clausi* には吻糸がない）．しかし，この *A. steueri* に存在する吻糸は若齢個体ほど微弱であり，その確認が非常に困難な場合もしばしばあった．それゆえ両種については吻糸の有無の確認が比較的容易なコペポダイト4期以降において種を分け，1〜3期の初期幼体は一括して計数した．なお，本研究では原生動物プランクトンはヤコウチュウ，*Noctiluca scintillans* を除き計数対象から除外した．

結 果

概 要

単位ろ水量（m³）当りのプランクトン沈殿量を Fig. 2に示した．湾内調査のグラフ（Fig. 2，右図）は湾口部が左側，湾奥部が右側となるように採集点を配列し，南西から北東方向のライン上に並ぶ採集点は南西側から順に配列して各ラインが識別しやすいようにそれらを点線で区分してある．4，5月の湾内調査では沈殿量は平均1.7および1.2cm³/m³で，内湾域としては低いレベルにあるが，6月ではさらに減少し0.9cm³/m³となった．顕微鏡観察では，4月，5月の沈殿量の大部分はヤコウチュウによるもので，6月の沈殿量の減少は主にこのヤコウチュウが減少したことに由来す．5月の沈殿量の分布は，最湾奥部において最小値を記録したのに対し，5月8日の湾外では4月27日および5月16日の湾内より大きな値を示した．また，5月の湾口および湾奥同一ライン上の採集点では南西側の点において沈殿量がやや大きくなる傾向がみられた．これらもヤコウチュウの分布とよく一致した．ヤコウチュウの減少した6月の沈殿量は湾口部から湾奥部まで湾全体ほぼ一様である．6月から8月にかけて沈殿量は増加し，7月，8月の平均沈殿量はそれぞれ4.7および9.1cm³/m³となった．サンプル中には多量の珪藻類（*Chaetoceros* を主体に *Bacteriastrum*，*Thalassionema* 等を含む）が認められ，沈殿量の増加は主にこれら珪藻類によるものとみなされる．7月では湾

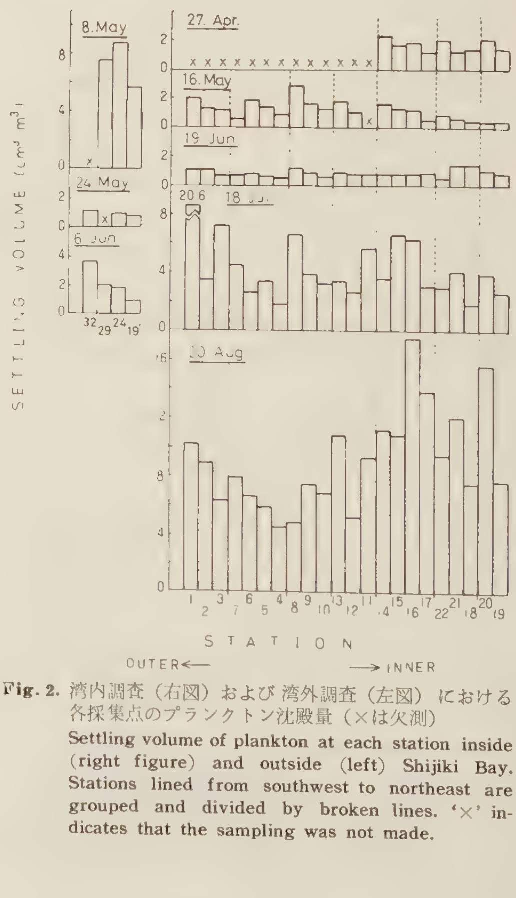


Fig. 2. 湾内調査（右図）および湾外調査（左図）における各採集点のプランクトン沈殿量（×は欠測）

Settling volume of plankton at each station inside (right figure) and outside (left) Shijiki Bay. Stations lined from southwest to northeast are grouped and divided by broken lines. '×' indicates that the sampling was not made.

口部の Stn. 1 で他点と比較して非常に大きな値を記録したが，他の採集点については採集点によって値のばらつきが生じたものの，湾口部から湾奥部にかけての増減傾向は認められない．しかし，8月では湾口部，湾央部と比較して Stn. 14 以降の湾奥部で沈殿量がやや大きくなる傾向がみられ，とくに最大値 17.5 c㎥/㎥を記録した Stn. 16 を含む Stn. 14-17 のラインは相対的に他より大きな値を示した．

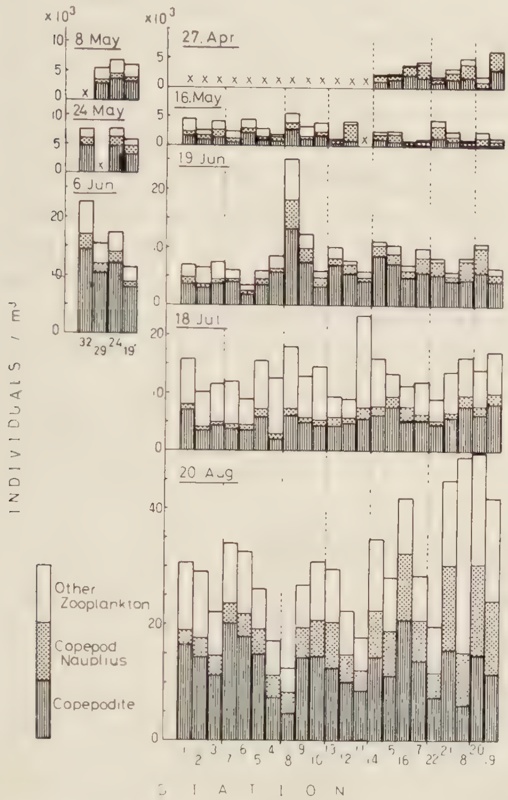


Fig. 3. 湾内調査および湾外調査における各採集点の橈脚類コペポダイト，同ノープリウス，その他動物プランクトン(原生動物を除く)の出現量
Occurrences of copepodites, copepod nauplii, and other zooplankton (excluding protozoa) at each station inside and outside Shijiki Bay.

Fig. 3 は各採集点における原生動物を除く動物プランクトンの㎥当りの出現量（個体数）を橈脚類コペポダイト，同ノープリウス，およびその他動物プランクトンに分けて示したものである（以後，単に動物プランクトンと記した場合は原生動物を除いたものを意味する）．また，Fig. 4 には各湾内調査の全採集点にお

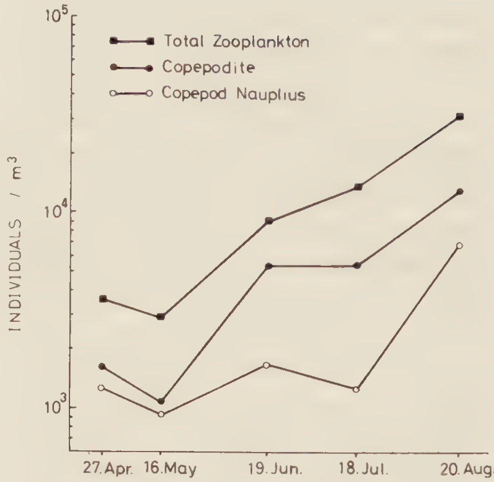


Fig. 4. 湾内調査における原生動物を除く全動物プランクトン，橈脚類コペポダイト，同ノープリウスの平均出現量の変化
Changes of mean abundances (plotted in log scale) of total zooplankton (excluding protozoa), copepodites, and copepod nauplii in Shijiki Bay.

ける動物プランクトン，コペポダイト，およびノープリウスの平均出現量の推移を示した．ただし，本報で述べている平均とは各採集点における㎥当りの出現量の単純平均であり，ろ水量の相違による補正はしていない．4月，5月の湾内調査では平均動物プランクトン数は非常に小さく，3,640および2,920/㎥であった．6月の調査では橈脚類およびその他動物プランクトンとも増加し，平均8,700/㎥となった．一方，湾外の調査では5月8日，5月24日，および6月6日の平均動物プランクトン数はそれぞれ6,090，6,900，および16,640/㎥であり，湾内より湾外の方が量的に豊富であるという結果が得られた．湾内での分布をみると，5月は沈殿量の分布でも認められたように湾奥部でやや少なくなる傾向がみられる．6月では Stn. 8 で他を大幅に上回る値を記録したが，湾口部から湾奥部にかけての目立った分布の片よりは認められなかった．

6月までの結果について組成別にみると，まず湾内調査ではコペポダイトとノープリウスを合わせた平均出現量が各月それぞれ動物プランクトン中の 80.4%，69.1%，および80.8%となり，その過半数を占めた．3回の湾外調査でもその結果は同様である．6月までの湾内調査における橈脚類以外の動物プランクトンではフジツボ類のノープリウスが最も多く（4，5，6月の動物プランクトン中で占める割合はそれぞれ7.1

%，16.4%，10.7%），次いで *Oikopleura* を主体とした尾虫類（同4.5%，7.8%，4.1%），二枚貝および巻貝のベリジャー幼生（同3.0%，1.9%，1.5%）などが多かった．これに対し湾外では，5月8日の場合は同様にフジツボ類ノープリウスが橈脚類に次いで多く，尾虫類，貝類幼生とつづき，ほぼ湾内と似た組成を示したが，5月24日と6月6日ではフジツボ類や貝類など底生動物の幼生プランクトンより尾虫類および枝角類の方がまさり，湾内との相違がうかがわれた。

7月の動物プランクトン数は平均 13,470/㎥で6月より増加するが，これは橈脚類以外の動物プランクトンの増加によるもので，橈脚類コペポダイト数は6月とほぼ等しく，ノープリウスは逆にやや減少した．このため，7月の橈脚類の占める割合は49.1%となり，動物プランクトン中の過半数を割った．橈脚類以外の動物プランクトンの組成は，6月までと同じく，フジツボ類ノープリウスが最も多く，動物プランクトン中21.9%を占め，次いで尾虫類が13.8%，貝類幼生が9.4%であった．ただし，尾虫類については *Oikopleura* が6月の約2倍の平均出現量（650/㎥）を示したが，6月まで稀にしか出現しなかった *Fritillaria* が *Oikopleura* のさらに2倍近い量（1,210/㎥）で出現した．フジツボ類ノープリウスの出現量は採集点によるばらつきが非常に大きく，最小は Stn. 21 の80/㎥，最大は Stn. 11 の11,800/㎥となり，後者の採集点では橈脚類出現量をも上回った．

8月は橈脚類コペポダイト，ノープリウス，およびその他動物プランクトンともさらに増加し，動物プランクトン数は平均 30,480/㎥で，これは1976年4月まで行われた本調査の最高値でもある．橈脚類は64.5%を占めたが，7月と比較してとくにノープリウスの増加が著しい．橈脚類以外の動物プランクトンは7月までとは大きく異なり，貝類のベリジャー幼生がその約半数を占めて全動物プランクトン中の17.3%となり，次いで *Oikopleura* および *Fritillaria* をほぼ半数づつ含む尾虫類が8.3%，そしてほとんど *Penilia avirostris* からなる枝角類が4.6%をそれぞれ占めた．貝類の幼生は巻貝と二枚貝それぞれ約半数づつからなり，両者の分布傾向もよく似ている．すなわち，Stn. 18, 19,20,21の最湾奥部4点で両者とも高い値を記録し，とくに Stn. 18 では他の採集点より著しく多量に出

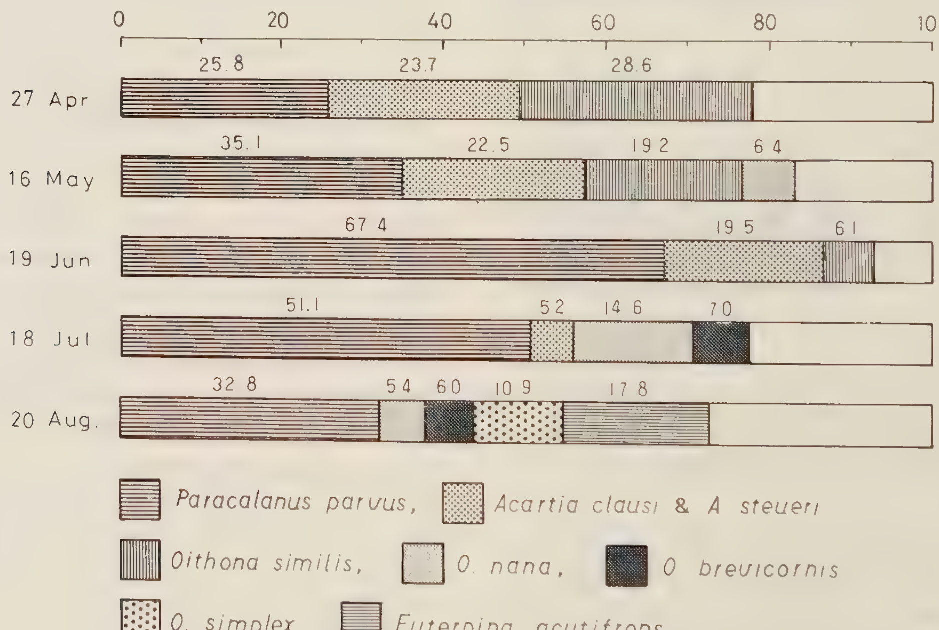


Fig. 5. 湾内調査における橈脚類コペポダイトの平均種組成（5％未満の種は除く）
Mean species composition of copepodites in Shijiki Bay.
The species representing less than 5％ are not shown.

現し，その合計量は同点における橈脚類のおよそ2倍となった．また，橈脚類ノープリウスは湾口部から湾奥部にかけて出現量が増大する傾向が明瞭に認められる．これらのため，動物プランクトン全体としても，湾口部より湾奥部にかけて増加する分布となった．

Fig. 5 は湾内調査において，その平均出現量が全コペポダイトの5％以上を占める橈脚類優占種の割合を示したものである．なお，*A. clausi* と *A. steueri* はコペポダイトの3期以前の幼体の識別をしなかったため，ここでは合計の割合として示してある．量的にともにきわめて少ない4月，5月は橈脚類の組成の上でもよく似ており，*P. parvus*，*A. clausi*＋*A. steueri* および *Oithona similis* が同じオーダー（$\times 10^2/m^3$）で出現し，これらで75％以上を占めた．出現量の増加した6月ではこれらの増加率が異なり，*P. parvus* が前月の9.5倍，*Acartia* が4.3倍，*O. similis* が1.6倍で，このため *P. parvus* の割合が過半数を超えた．5月8日と24日の湾外調査では，*P. parvus*，*A. clausi*（湾外には *A. steueri* は全く出現しない），および *O. similis* の割合がそれぞれ5月8日は44.2，15.0，17.3％，また24日は38.4，24.6，19.4％となり，5月の湾内調査とよく似た組成であった．しかし，6月6日の湾外調査では，それぞれ38.6，47.2，6.8％で，*A. clausi* の割合が大きく5月，6月の湾内調査とはやや異なる結果となった（*A. clausi* の出現量としては6月の湾内調査の約5倍に達した）．7月は6月と比べてコペポダイト全体の量的増減はなかったが，組成上では4月以来初めて優占種の入れかわりがあった．すなわち，6月まで優占した3種がいずれも減少し，かわりに *O. nana* および *O. brevicornis* の2種が増加して *P. parvus* に次ぐ優占種となった．8月は *P. parvus* も出現量の上では再び増加したが，他の種の増加がより著しく，割合の上ではさらに減少した．著しい増加を示した種は7月1.7％であった *Euterpina acutifrons* と1.4％であった *O. simplex* である，なお，後者は最近日本近海で出現が記録されたばかりの種である[7]．

8月は Fig. 5 に示した5％以上の優占5種の他，*Paracalanus crassirostris* ?（本種は日本ではすでに石垣島川平湾より報告されている[8]が，九州以北の日本沿岸からは分類学的報告がなく，本報では'?'マークを付して記す）が4.9％，*O. simplex* とともに最近報告された[7] *O. oculata* が3.7％，*Microsetella norvegica* が3.6％など比較的多くの種が増加し，多様性に富む組成となった．Fig. 5 に示した優占種の他（図の空白部

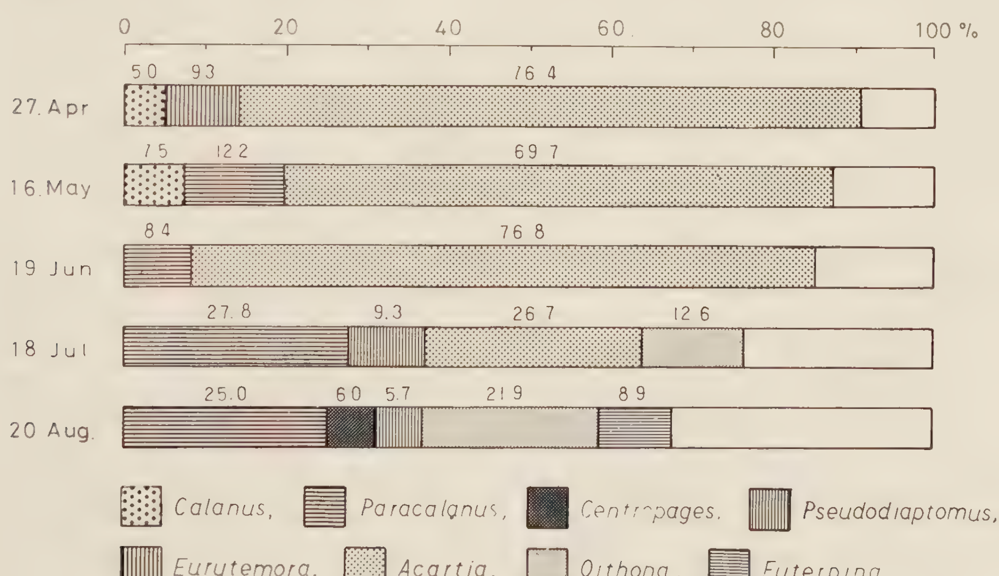


Fig. 6. 湾内調査における橈脚類ノープリウスの平均属別組成（5％未満の属は除く）
Mean generic composition of copepod nauplii in Shijiki Bay.
The genera representing less than 5％ are not shown.

分）は8月の *P. crassirostris*？と *O. oculata* を除いて各月とも大部分は沿岸性種によるものである．

ノープリウスの属別組成（Fig. 6）は，コペポダイトの組成と比べて大きく異なった．6月までコペポダイトでは *Acartia* の割合が20％前後にすぎなかったがノープリウスではその大半を占め，またコペポダイトでは稀にしか計数されなかった種，すなわち4月，5月の *Calanus sinicus*，および4月の *Eurytemora pacifica* がノープリウスでは5％以上の優占率を示した．このようにコペポダイトでは稀にしか採集されない種（または属）のノープリウスがサンプル中に頻出する現象は7月，8月の *Pseudodiaptomus marinus*，8月の *Centropages* でも認められた．また，底生性 Harpacticoida のものと思われるノープリウスが各月ともある程度出現し，とくに7月，8月ではそれぞれ10.1％，14.1％を占めた．

橈脚類重要種の分布

ここでは Fig. 5 にあげた橈脚類優占種コペポダイトと湾内の性状を明らかにするため重要とみなされる



Fig. 7. 5月から8月までの ***Paracalanus parvus*** コペポダイトの湾内分布（値は×10/m³）
Distributions of ***Paracalanus parvus*** copepodites in Shijiki Bay from May to August. The values in the figure represent their abundances (×10/m³). The areas of the circles correspond to their abundances (but not always to the same scale in the following figures).



Fig. 6. 4月から7月までの *Acartia clausi* および *A. steueri* コペポダイト（4期〜6期）の [illegible]

Distributions of *Acartia clausi* and *A. steueri* copepodites from the fourth stage to the sixth stage in Shijiki Bay from April to July (for further explanations, see Fig. 7).

[illegible]

1) *Paracalanns parvus* (Fig. 7)

[illegible]



Fig. 9. 4月から7月までの *Acartia clausi* および *A. steueri* 両種を含む若齢コペポダイト（1期～3期）の湾内分布（値は×10/㎥）
Distributions of *Acartia* copepodites from the first stage to the third stage including both *A. clausi* and *A. steueri* in Shijiki Bay from April to July (for further explanations, see Fig. 7).

集点と比べて出現量が少なかった。コペポダイト1期から6期までの発育段階別組成についても各採集点とも似かよった傾向を示し，1期または2期(稀に3期)の個体が最も多く，4期以降は通常発育段階が進むにつれて出現量が減少した。ちなみに3期までの若齢個体の割合は4月が平均76%，5月以後は平均80%以上となり，出現するコペポダイトのほとんどを占めた。本種のノープリウスについては，用いたプランクトンネットの目合いの大きさ（0.1㎜）から考えてとくに初期ノープリウスの大部分は網目を通過し，その出現量はかなり過少評価されているものとみなされ，各月ともコペポダイト出現量を下回った。とくに4月，6





Fig. 10. 5月から7月までの *Oithona similis* コペポダイトの湾内分布（値は×10/㎥）
Distributions of *Oithona similis* copepodites in Shijiki Bay from May to July (for further explanations, see Fig. 7).

月，7月のノープリウス平均出現量はコペポダイト平均出現量の10%にも満たなかった．しかし，その分布については，コペポダトイ同様，特定の水域に片よることなく湾全体に分布する傾向が認められた．

2) *Acartia clausi* および *A. steueri* (Fig. 8, 9)

この両種についてはコペポダイト1期から3期まで種の識別を行わなかったため，7月までの4期以降の両種の分布と1期から3期までの両種混合の分布をFig. 8と9に別々に示した．まず4期以降の分布についてみると，*A. steueri* の出現は Stn. 14–17 ラインより湾奥側に限られ，その最多出現域は最湾奥部にあるのに対し，*A. clausi* は各月ともまったく計数されない採集点がいくつかあるが，5月を除いて湾口部から湾奥部までその出現が認められほぼ全湾に分布するものとみられる．5月は *A. clausi* の分布が湾口部から湾中央部までに限られ，*A. steueri* は全採集点ともまったく計数されなかった．*A. steueri* についてとくに記すべきことは，4月の Stn. 19，6月の Stn. 18 および Stn. 21 で他の採集点と比較して異常に多くの個体が採集されたことである．すでに *P. parvus* についても述べたように，*Acartia* 両種についてもコペポダイトの若齢個体ほど出現量が大きくなる傾向が一般的であるが，*A. steueri* の多量出現するこれらの採集点では，種が識別された4期以降の個体の多く（63〜73%）が成体であった．当湾では底表面に *A. steueri* の成体のみによる非常に高密度なスウォーム（swarm）が観察されており[2]，上にあげた成体が多量に出現した特異な点ではおそらくそのスウォームの一部がプランクトンネットにかかったものであると推察される．このようにある採集点で周囲の点と比べて異常に多くの個体が採集される現象は *A. clausi* についても6月の Stn. 14，7月の Stn. 18 などでみられた．この場合は成体が *A. steueri* の場合ほど多くはなかったが，

A. clausi は近底層に極端に片よったパッチ状分布をすることが知られており[9]，本調査における採集のされ方はそうしたパッチが当湾にも存在することを示すものとみられる．なお，他の月の分布から考えて，5月の *A. clausi* の分布は近底層パッチ状分布のために湾奥部で採集されなかった可能性も考えられる．

コペポダイト1期から3期までの個体はすでにふれたように，一般に4期以降の個体より多量に出現し，さらに4期以降の個体が採集されない点でも多量に出現する場合も多かった．その分布は，とくに7月において出現量のばらつきが目立ったが，湾口部から湾奥部にかけての量的な変化は5月の最湾奥部でやや減少することを除いてほとんど認められない．4期以降の両種の分布域から考えて，湾口部および湾央部に分布する3期までの個体はおそらく *A. clausi* であるとみなされる．しかし，両種が混在する湾奥部で3期までの個体の出現量がとくに増大していないことは，*A. steueri* の3期までの個体の出現量を相殺する形で *A. clausi* が湾奥部で減少しているか，あるいは3期までの *A. clausi* の出現量に比べて，3期までの *A. steueri* の出現量があまり大きくなく，各採集点における出現量のばらつきによってその増大が見かけ上かくされていると考えられる．

Acartia 属は両種の他に7月に *A. negligens* が出現したが，その量は両種の出現量と比べて無視しうる程度であり，6月まで橈脚類ノープリウスの過半数を占めた *Acartia* のノープリウスは，ほとんどすべてが *A. clausi* と *A. steueri* であるとみなされる．その出現量は，初期幼体の大きさから考えて *P. parvus* 同様かなり過少評価されていると考えられるが，各月とも両種合計のコペポダイト出現量を下回ることはなかった．ノープリウスの分布については，コペポダイト3期までの分布とほぼ相関する結果が得られた．両種は6月に最も多量に出現したが，その後急減し，8月には稀にしか計数されなかった．

3) *Oithona similis* (Fig. 10)

本種は Yamazi[1] によって，内湾域に出現する橈脚類の中では最も内湾性が弱い種の一つとして位置づけられている．しかし，当湾では5月に湾奥部でやや減少する傾向が認められるが，他の月では *P. parvus* 同様湾口部から湾奥部までほぼ同程度の出現量で分布した．本種と *P. parvus* の分布について比較すると，南西から北東のライン上で隣接する採集点間における出現量の大小関係が，両種の間で比較的よく似ていることに気づく．この傾向は両種の間に限らず，すでに述べた *Acartia* の3期までの個体についても，また後に述べる他の優占種についてもある程度認めうることである．このように採集点間の出現量のばらつきが異なる種間で同一のパターンを示す現象は，海水の物理的要因（渦や流れ）による収束・発散の結果とみなすことも可能ではあるが，この調査ではろ水計によるプランクトンネットの定量採集であるため，ろ水計の作動不良など予測できない採集上の不備によっても同様の結果が生じる可能性がある．コペポダイトの発育段階別組成については，とくに若齢個体ほど出現量が大きくなる傾向は認められず，各発育齢ともほぼまんべんなく出現した．本種コペポダイトは *P. parvus* や *Acartia* に比べて小形でかつ体型が細いため，コペポダイト初期幼体は多少プランクトンネットの網目からもれたことが推察される．

本種コペポダイトが *Oithona* 属中最も優占する6月までの全 *Oithona* ノープリウスの平均出現量は，本種コペポダイト平均出現量の11〜21％にすぎなかった．ただし6月までに出現した *Oithona* ノープリウスの中には，その大きさから明らかに大型種（出現したコペポダイトの種からおそらく *O. plumifera*，*O. atlantica*，*O. longispina* の3種）のものとみなされる個体が比較的多くみられ，このため実際の本種ノープリウスの出現量はさらに小さい値となる．本種と *P. parvus* のノープリウスはほぼ同じ大きさであり[10]，*P. parvus* 同様その出現量はかなり過少評価されていると考えられる．

4) *Oithona nana*. (Fig. 11)

本種は Fig. 5 で5月，7月，8月に5％以上を占める優占種として示されているが，4月と6月はそれぞれ4.6％および3.6％を占めている．本種の分布は7月までの *O. similis* の分布と同じパターンを示した．すなわち5月は湾奥部でやや減少する傾向があるが，6月，7月は湾口部から湾奥部まで出現量が変わることなく湾全体に分布した．6月の分布では湾全体にほとんど一様分布しているとさえみなされる．8月は5月と同じく湾奥部でやや減少しているようにみられた．発育段階別組成については，*P. parvus* や *Acartia* でみられたのとまったく逆に若齢個体ほど一般に



Fig. 11. 5月から8月までの *Oithona nana* コペポダイトの湾内分布（値は×10/m³）
Distributions of *Oithona nana* copepodites in Shijiki Bay from May to August (for further explanations, see Fig. 7)

出現量が減少し，通常成体が最も多く，コペポダイト1期の個体は出現量の少ない6月まではほとんどの採集点で計数すらされなかった．本種は *O. similis* よりさらに小形で，顕微鏡観察ではコペポダイト初期幼体の体幅は 0.1mm前後であるが，この大きさの個体は目合 0.1mmのプランクトンネットで容易に‘網目逸出’が起こり[11]，若齢個体ほど出現量が過少に評価されていることは明らかである．したがって，本種の実際のコペポダイト現存量はここに得られた結果よりはるかに大きくなることが期待される．仮に実際の齢組成が *P. parvus* 同様若齢個体ほど多いものとし，成体の網目逸出は起こらず採集量が実際の出現量を表わすとすれば，その成体の出現量から算出した本種コペポダイト全体の出現量は各月 *P. parvus* コペポダイト出現量の数倍にも達することになる．本種のノープリウスはコペポダイト以上に過少評価されていることは言うまでもない．6月まで本種のものとみられるノープリウスはほとんど発見されなかった．しかし，8月におい

ては非常に多くの *Oithona* 属ノープリウスが出現し，その大部分が本種を含む小形種のものであった．この小型 *Oithona* 属ノープリウスの大量出現は，実際の増加によるのと同時に，*Chaetoceros* 他の珪藻の増殖によってプランクトンネットが目づまりを起こし，それゆえ網目逸出がある程度防がれたことに起因する見かけの増加の要素も多分に含まれているであろう．いずれにしても，8月には本種の他に次に述べる *O. brevicornis* および *O. simplex* などの等しく小形の *Oithona* 属がより優占的に出現し，ノープリウス



Fig. 12. 7月，8月における ***Oithona brevicornis*** コペポダイトの湾内分布（値は×10/㎥）
Distributions of *Oithona brevicornis* copepodites in Shijiki Bay in July and August (for further explanations, see Fig. 7).



Fig. 13. 8月における ***Oithona simplex*** コペポダイトの湾内分布（値は×10/㎥）
Distribution of *Oithona simplex* copepodites in Shijiki Bay in August (for further explanations, see Fig. 7).



Fig. 14. 8月における ***Euterpina acutifrons*** コペポダイトの湾内分布（値は×10/㎥）
Distribution of *Euterpina acutifrons* copepodites in Shijiki Bay in August (for further explanations, see Fig. 7).

についてそれらの種の識別を行わなかったため，ここで本種のノープリウスとしてその出現量や分布をみることはできない（*O. brevicornis*, *O. simplex* についても同様である）．

5)　*Oithona brevicornis* (Fig. 12)

本種は，YAMAZI [1] によって，我国内湾に産する最も量的に多く重要な種であると述べられている（YAMAZI は *O. nana* として報告しているが，近年，西田・丸茂[12] によって本種に改められた）．当湾では6月から出現が認められ，7月，8月にかけて増加する．7月の分布は湾奥部に集中的に出現し，湾口部，湾央部では稀であった．8月には全湾に分布するようになるが，明らかに湾奥部に出現量の片よりがみられた．両月とも最多出現域は最湾奥部にある．コペポダイトの齢組成は *O. nana* 同様，通常成体が最も多く若齢個体ほど出現量が減少した．両月における橈脚類コペポダイト中での本種の湾全体の平均出現量は 7.0%および 6.0%であったが，分布が湾奥部に集中している

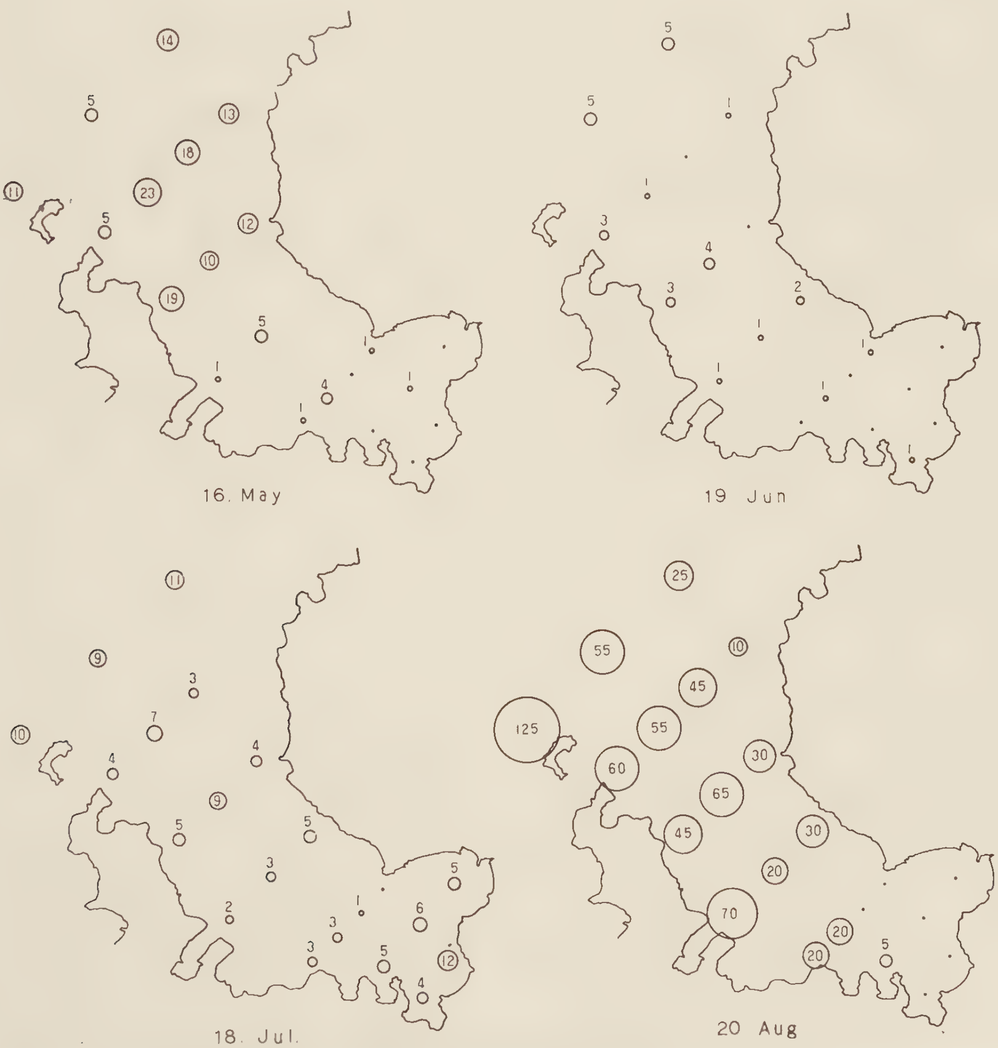


Fig. 15. 5月から8月までの *Oncaea* コペポダイトの湾内分布（値は×10/㎥）
Distributions of *Oncaea* copepodites in Shijiki Bay from May to August (for further explanations, see Fig. 7).

ことと出現量が過少評価されていることから考えて，湾奥部のみの橈脚類としては実際には最も優占する種であると考えられる．

6)　*Oithona simplex* (Fig. 13)

本種の出現は5月の Stn. 10 で初めて記録された．6月はまったく出現が認められなかったが，7月になって全採集点で少数ながら出現し，全コペポダイト中の 1.4%を占めた．さらに，8月には急激に増加し，*P. parvus*, *E. acutifrons* に次ぐ優占種となった．8月におけるその分布は，*P. parvus* の分布と非常によく似ていた．すなわち，Stn. 14–17 のラインで比較的大きな出現量を示し，Stn. 16で最大出現量を記録するが，最湾奥部では減少する．本種は前 *Oithona* 2種よりさらに小形で，8月までに当湾に出現した橈脚類の中では最も微小な種とみなされる．当然ながら前2種同様，成体が最も多く出現しているが，ここでも *O.*



Fig. 16. 5月から8月までの *Corycaeus* コペポダイトの湾内分布（値は×10/㎥）
Distributions of *Corycaeus* copepodites in Shijiki Bay from May to August (for further explanations, see Fig. 7).

nana の場合と同じく，網目逸出によって過少に評価されている実際の出現量を成体の出現量から計算すれば，8月の湾全体としては最も多く存在した橈脚類である可能性が大きい．本種は NISHIDA ら[7] によって4月の相模湾沖から報告されたが，他にインド洋[13,14] 大西洋[15] の熱帯・温帯の沿岸・外洋から報告されている一方，アマゾン川の河口[15] やプエルトリコの内湾域[16] からも報告され，とくに後者では最も普通な種の一つとして出現している．

7) *Euterpina acutifrons* (Fig. 14)

本種は6月にわずかながら出現し，7月にやや増加して全コペポダイト中 1.7%を占めた．さらに，8月には急増し17.8%と *P. parvus* に次ぐ優占種となり，その出現の仕方は前種と似ている．その分布は，最湾奥部で出現量が少なくなることを除き，ほぼ湾全体に同程度に分布したものとみられ，*P. parvus*，*O. nana* *O. simplex* と同じ指標性を示すものとみなされる．本種コペポダイトについては発育齢別に計数を行わなかったが，これまで述べた種の中では体長・体幅とも *O. similis* に最もよく近似するため，*O. similis* 同様の網目逸出があるものと考えられる．

本種はその特徴的なノープリウスの形態のため，ノープリウスの識別が完全に行われた種の一つである．ノープリウスの8月の出現量はコペポダイトのおよそ半分程度であった．その分布はコペポダイトと多少異なり，湾奥部の Stn. 21 で他の採集点と比べて非常に大きな値（2,350/㎥）を記録したが，他はいずれも $\times 10^2$/㎥ のオーダーで湾全体に比較的一様な分布であった．

8) その他 (Fig. 15～Fig. 23)

通常，沿岸部で普通に見られ，当湾でも優占的ではなかったが普通に出現した *Oncaea* spp. と *Corycaeus* spp. についてそれぞれ Fig. 15, 16に示した．両属は8月以外，ともによく似た分布で，5月，6月は明らかに湾口部から湾奥部にかけて漸次出現量が減少するが，7月は湾全体に比較的一様な分布となった．しかし，8月では両種の分布は異なり，*Oncaea* は湾口部から Stn. 11-13 ラインまで同程度の出現量を示したが，Stn. 14-17 ラインより湾奥部の6点ではまったく出現しなかったのに対し，*Corycaeus* は7月同様湾全体にほぼ同程度の出現量で分布した．湾口部から湾奥部にかけて出現量が漸次減少する傾向は，5月の



Fig. 17. 5月における ***Calanus*** ノープリウスの湾内分布（値は×10/㎥）
Distribution of ***Calanus*** nauplii in Shijiki Bay in May (for further explanations, see Fig. 7).

Calanus のノープリウスにも明瞭に認められた（Fig. 17）．これまで述べてきた種の他に，各月とも普通にその出現が認められた種に *M. norvegica* がある．本種は，YAMAZI [1] によって，*O. similis* とともに出現し *P. parvus* より沿岸性で *Oncaea* および *Corycaeus* よりは内湾性の指標をもつ種として位置づけられているが，当湾では Fig. 18 に示したように7月を除いて明らかに湾奥部で減少する傾向にあり，*O. similis* の分布よりむしろ *Oncaea* および *Corycaeus* の分布に近いものとみなされる．7月，8月の湾内の性状をより明らかにするため，一般の内湾域ではほとんど出現することがない沿岸性の *Oithona* 大形種（主に *O. plumifera*，*O. longispina* および *O. atlantica* の3種を含む）の分布を Fig. 19 に示した．これらの大型種は全コペポダイト中，7月5.0%，8月2.1%と比較的数が多い．7月は上に述べた種と同様に最湾奥部まで出現量が減少することなく分布したが，8月はほぼ *Oncaea* と同じく湾奥部のみで出現量が減少した．この8月の分布を当月の沿岸性種の分布パターンであるとみなせば，8月の *Corycaeus* の中には，内湾域でも比較的生息可能な種（例えば *C. affinis*）が含まれていたのではないかと考えられる．

以上とは逆に湾奥部で出現量が増大する分布としては，5月の *Eurytemora pacifica* のノープリウス（Fig. 20）と6月から8月の *Pseudodiaptomus mari-*

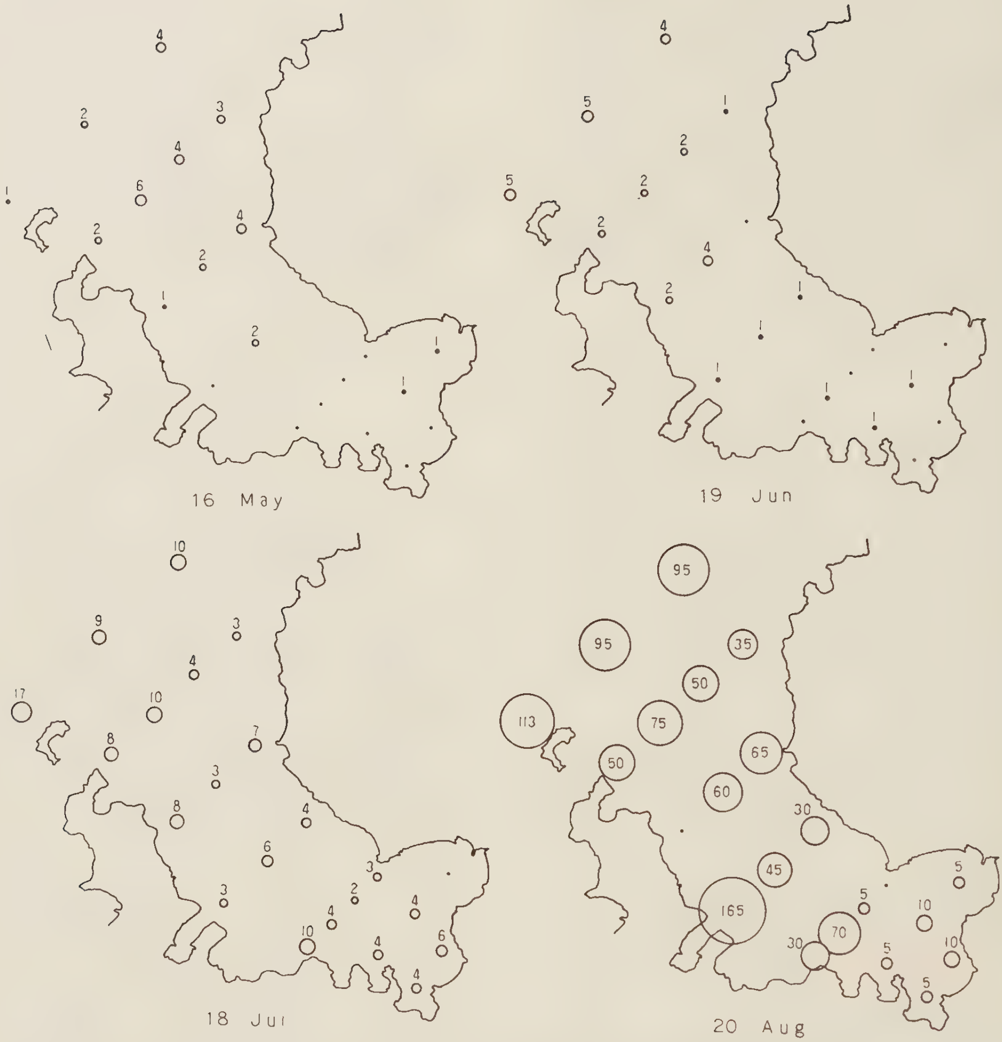


Fig. 18. 5月から8月までの ***Microsetella norvegica*** コペポダイトの湾内分布（値は×10/㎥）
Distributions of *Microsetella norvegica* copepodites in Shijiki Bay from May to August (for further explanations, see Fig. 7).

nus のノープリウス（Fig. 21）がある．両種はともに汽水域または塩分の低下した内湾域に分布する種として知られる[17]．また8月の優占率5％以下の普通種として出現した *P. crassirostris*？（Fig. 22）と *O. oculata*（Fig. 23）も明らかに湾奥部で出現量が大きくなる傾向を示した．*P. crassirostris* は熱帯から温帯にかけて低鹹水域に普通に出現する種である[16,18,19]．

O. oculata については，サンゴ礁域で高密度なスウオームを形成する生態的側面が明らかにされているが[20,21]，著者[2] も田辺湾で，また西海区水産研究所の田中　克氏* もまた長崎半島野母崎で，それぞれ岸近くの海底上に本種のスウオームを潜水観察している．しかし，*O. oculata* について内湾および沿岸部における分布を調べた研究はない．

＊私信



Fig. 19. 7月，8月における沿岸性 *Oithona* 大型種コペポダイトの湾内分布（本文参照，値は×10/㎥）
Distributions of copepodites of the large oceanic *Oithona* species, which were mainly consisted of *O. plumifera*, *O. longispina*, and *O. atlantica*, in Shijiki Bay in July and August (for further explanations, see Fig. 7).



Fig. 20. 5月における *Eurytemora pacifica* ノープリウスの湾内分布（値は×10/㎥）
Distribution of *Eurytemora pacifica* nauplii in Shijiki Bay in May (for further explanations, see Fig. 7).



Fig. 21. 6月から8月までの *Pseudodiaptomus marinus* ノープリウスの湾内分布（値は×10/㎥）
Distributions of *Pseudodiaptomus marinus* nauplii in Shijiki Bay from June to August (for further explanations, see Fig. 7).



Fig. 21. つづき (Coutiuued)



Fig. 22. 8月における *Paracalanus crassirostris*? コペポダイトの湾内分布（値は×10/m³）
Distribution of *Paracalanus crassirostris*? copepodites in Shijiki Bay in August (for further explanaitons, see Fig. 7).



Fig. 23. 8月における *Oithona oculata* コペポダイトの湾内分布（値は×10/m³）
Distribution of *Oithona oculata* copepodites in Shijiki Bay in August (for further explanations, see Fig. 7).

考察および結論

この調査では6月までの湾内の沈殿量および5月までの動物プランクトン数が非常に小さい値を示した．志々伎湾から比較的近い位置にある八代海で行われた同様の目合いのプランクトンネットによる研究[22]によれば，3月で最大 79,560/㎥，最小 23,490/㎥の動物プランクトン出現量が記録されている（ただし，そこでは原生動物の数も含まれているが，それを差し引いてもほとんどの採集点で 20,000/㎥ を超えている）．4月，5月は通常，春の珪藻ブルームの後となり，動物プランクトンの増加が期待されるはずであるが，この八代海の値と比較すれば当湾の値は1桁低いレベルにあるといえる．各月とも湾全体に分布し，かつ最も優占的に出現した橈脚類 *P. parvus* は，*O. brevicornis* より沿岸性で *O. similis* より内湾性の強い種としてその指標性が YAMAZI [1] によって位置づけられたが，著者* が比較的内湾性の強い舞鶴湾で調べた結果では年間を通してほとんど稀にしか出現せず，むしろ本種は多くの分類学者（例えば MORI [23]，BRODSKII [17]，TANAKA [24] など）によって沿岸・外洋域に広く頻出する種であるとされている．また，*P. parvus* 同様に湾全体に分布する優占種として *O. similis* と *O. nana* があるが，両種は東京湾では湾口部から湾外に分布すると報告されている[12]．これらの種が湾奥部まで等しく優占的に分布していることと沈殿量および動物プランクトン数の少なさからみて，当湾は地形的には典型的な内湾でありながら，内湾としては生産力が低く生物学的内湾度が非常に小さい湾であるということができる．しかし，動物プランクトンの組成についてみると，沿岸部のネットプランクトンでは一般的に橈脚類が80％前後を占め，つづいて，尾虫類，矢虫類，枝角類等が多いといわれる[25]が，当湾では4月から7月までフジツボ類のノープリウスが，また8月は貝類のベリジャー幼生が橈脚類に次いで多く，とくに7月，8月では採集点によってはそれら幼生プランクトンが橈脚類の出現量を上回ることもあった．このようにベントスの幼生プランクトンが橈脚類に次いで優占することは内湾であることの特色でもあり，同時に，出現した幼生プランクトンの種類と量から当湾におけるベントス相がおのずと暗示されよう．とくに7月においてフジツボ類ノープリウスが全湾にわたり優占的に出現する現象は，当湾の著しい特徴の一つであるとみなされる．

湾内に出現する橈脚類の分布について大きく次の3つの型に分けることが可能である．Ⅰ）湾口部から湾奥部にかけて出現量にあまり変化がなく，ほぼ湾全体に等しく分布しているとみなされる型．これには *P. parvus*，*A. clausi*，*O. similis*，*O. nana*，*O. simplex*，*E. acutifrons* が含まれる．Ⅱ）湾奥部のみに出現するか，または湾全体に分布するが明らかに湾奥部で多量に出現する内湾性の型．*A. steueri*，*O. brevicornis*，*E. pacifica*，*Ps. marinus*，*P. crassirostris* ?，*O. oculata* が含まれる．*O. brevicornis*，*E. pacifica*，*Ps. marinus*，*P. crassirostris* ? については，すでに述べたようにその分布特性が明らかにされているが，本研究によって *A. steueri* と *O. oculata* についても内湾性の強い種としてその分布特性を位置づけることができる．Ⅲ）湾口部から湾奥部にかけて出現量が次第に減少する型．この型の種は湾内の個体群が湾外からの流入によって維持されている沿岸・外洋性種であるとみなされる．この型の橈脚類は，単一の種としてコペポダイト中5％以上の優占率を示した種はなかったが，各月とも無視できない量で湾内に出現した．これには *Oncaea*，*Corycaeus*，*M. norvegica*，沿岸性 *Oithona* 大型種などが含まれる．これら3つの型について，内湾を好む性質の強さによって順位づければⅡ→Ⅰ→Ⅲとなることは言うまでもない．しかし，この順位は YAMAZI[1] によって定義された順位と必ずしも一致しない．YAMAZI は，湾奥から順に *A. clausi*→*O. nana*（= *O. brevicornis*）→*P. parvus*→*Microsetella* spp.→*E. acutifrons*→*O. similis*→*Oncaea* spp.→*Corycaeus* spp. としたが，この調査では *A. clausi* と *O. brevicornis*，および *Microsetella* spp. と *E. acutifrons*，*O. similis* の順位が逆である．プランクトンの指標性による水塊の判定は，もとより単一の種をよりどころとして行うべきではないが，ある種の指標性について定義を下すことは，その後その指標性を用いたすべての研究に影響を及ぼすため，十分に検討を尽す必要がある．ある種の分布は季節や出現量によって

*未発表．

変化しうるものとみなされるが，とりわけ狭い水域でかつ複雑な変化を示す内湾では，橈脚類の指標性について細部においてまだなお検討の余地があるように考えられる．

当湾は優占する橈脚類の多くが湾全域に分布するⅠの型であり，水平的には当湾の物理環境調査[4]からも明らかにされているように比較的均一な変化に乏しい湾であるとみなされよう．しかし，Ⅱ，Ⅲの型の分布によって，より沿岸的水域とより内湾的な停滞水域の区分があることは明らかであるが，その境界はかなり湾奥側にあり，Stn. 14–17 ラインのあたりにみることができる．ただし，この区分は決して固定的なものではなく，Ⅲの型に含まれる沿岸種の７月の分布はいずれも最湾奥部まで沿岸水がより直接流入していたことを物語っている．また，湾奥部に出現したいわゆる内湾性橈脚類の中に，*E. pacifica* および *Ps. marinus* の汽水性ともいわれる強内湾性種がノープリウス中で頻出したことは，湾奥部にとくに大きな流入河川もなく内湾度が低いとみなされる当湾としては，むしろ意外な結果であった．このような強内湾性種のノープリウスの存在は，全体としては比較的均一な湾ではあるが，湾奥の岸近くや入江などにおいては塩分の低い強内湾的水域が形成されていることを示しているのであろう．

浮遊期および着底初期のマダイ稚仔の餌料として湾内の動物プランクトンをみた場合，全動物プランクトン数で $10^4/m^3$ にも満たない４月，５月において，その値だけからは当湾がマダイ稚仔にとって好適な生育場であるとはまったく言えない．Anraku[9] は，とくに，動物プランクトンの密度が小さく，捕食生物の要求量を満たさないような水域において，動物プランクトンの微細分布，とりわけパッチが重要であることを述べている．すなわち，ある程度自ら餌を探しうる動物にとっては餌密度が低密度で分散しているより，まとまって分布している方がはるかに摂餌効率が良いと考えられる．当湾においては，*Acartia* のコペポダイトが底近くにパッチ状に集中分布しているものとみなされたが，本研究の採集方法ではその現存量が過少に評価されていると考えられる．その真の現存量について検討するためにはノープリウスの採集量が大きな鍵となる．コペポダイトとノープリウスの優占率の相違の原因として，コペポダイトのネットに対する逃避行動，ノープリウスにおけるネットの網目選択性およびコペポダイトとノープリウスの分布の相違などが考えられる．当湾に出現した橈脚類の中で最も大型の種類である *Calanus* は，コペポダイトとしては稀少種であるがノープリウス中では優占種の一つとなった．これは明らかに他の橈脚類のノープリウスの多くが網目から逸出しているにもかかわらず，本種ノープリウスはその大きさからほとんど網目逸出が起こらないことと，遊泳力の大きなコペポダイトは逃避行動によって採集されにくいことに由来すると考えられる．同様のことが８月の *Centropages* のノープリウスについてもいえる．一方，*E. pacifica* と *Ps. marinus* のノープリウスのみの大量出現は両種コペポダイトの分布がここでの採集方法ではつかみきれないほどに局所的であったものと考えられる．*Acartia* のコペポダイトとノープリウスの優占率の大きな相違もまた，本種のコペポダイトの集中分布によってその出現量がはるかに過少評価されていることに由来するものであるとみなされる．*Acartia* ノープリウスの大きさ[26]は，６月までコペポダイト中でともに優占的地位を占めた *P. parvus* および *O. similis* のノープリウスの大きさ[10]とほぼ等しく，これらの種のノープリウスの間では網目選択性に大きな相違はないと考えられる．またコペポダイトの発育段階別組成について *Acartia* と *P. parvus* はほぼ同じ傾向を示したが，コペポダイトとノープリウスの真の比率についても両種の間に大きな相違はないと仮定するのが妥当であろう．したがって，これら３種の真のコペポダイト現存量はノープリウスの優占率に比例するとみなすことができる．４月から６月までの *Acartia* コペポダイトの真の現存量をノープリウスの優占率から試算すれば，この調査の採集によって得られた見かけの出現量のそれぞれ10，８，14倍という値が得られる．

これらの *Acartia* コペポダイトが底層にパッチまたはスウォームを形成して分布し，それが餌として利用されるなら，その時期に湾内に出現するマダイ稚仔，とりわけ浮遊生活から底生生活への移行過程にある稚魚にとって，それは非常に大きな意義があると考えられる．1977年６月12日に湾奥部で採集された着底初期のマダイ稚魚61個体の胃内容物調査* によれば，胃内

＊田中　克・上田拓史：未発表．

容物中に出現した橈脚類コペポダイト総数 2,973個体のうち *Acartia* は2,882個体で，橈脚類としてはほとんど *Acartia* のみを捕食していることがわかる．また，この調査で出現した *Acartia* の成体については種別に計数が行われており，出現した *Acartia* コペポダイトのほとんどが *A. steueri* の成体であるという胃内容物が見られている．これらの事実は，明らかに着底初期のマダイ稚魚が *Acartia* のパッチまたはスウォームを積極的に利用していることを裏付けている．このように動物プランクトン食性マダイ稚仔の餌料生物環境として当湾の *Acartia* の分布と出現量の持つ意味は大きく，今後，内湾や浅海域のマダイをはじめとする幼稚魚生育場の餌料生物環境を評価して行く上で，このような餌料生物の集中分布を把握することはきわめて重要と考えられる．

要　　約

1．1975年4月から1976年4月まで志々伎湾のマダイ幼稚魚の研究の一環として行われた動物プランクトン調査のうち，浮遊期マダイ稚仔の出現期を含む1975年8月までの結果について橈脚類の分布と出現量を中心に検討した．

2．湾内のプランクトン沈殿量および原生動物を除く動物プランクトン出現量は非常に少なく，また優占する橈脚類の多くは内湾性の弱い種であることから，志々伎湾は内湾としては生産力が低く，生物学的内湾度の小さい湾であるとみなされるが，内湾としての特色はベントスの幼生プランクトンの出現量の大きさに現われている．

3．橈脚類優占種の組成はコペポダイトとノープリウスとで大きく異なり，その原因としてコペポダイトの逃避行動，ノープリウスにおけるネットの網目選択性，およびコペポダイトとノープリウスの分布の相違が考えられる．

4．湾内における分布から出現する橈脚類を3つの型に分類することができる．しかし，それぞれの種の内湾を好む性質の強弱関係は，YAMAZI の内湾性橈脚類の指標性に関する研究とは必ずしも一致せず，今後もその指標性について検討の余地があると認められる．

5．橈脚類の分布から，当湾は比較的均一な湾ではあるが，沿岸的水域と内湾的水域の大きく2つに区分することができ，その境界はかなり湾奥側に認められた．また，最湾奥部には強内湾的水域があることも示唆された．

6．*Acartia clausi* および *A. steueri* のコペポダイトはその採集のされ方から，パッチまたはスウォームを形成して分布していると考えられ，そのため出現量は過少評価されているとみなされる．ノープリウス中における *Acartia* の優占率から試算して，*Acartia* コペポダイトの真の現存量は採集結果の10倍前後となり，マダイ稚仔，とくに着底初期の稚魚が集中分布しているそれらの橈脚類を効率的に摂餌していることが考えられる．

文　　献

1）I. YAMAZI　1956: Plankton investigation in inlet waters along the coast of Japan XIX. Regional characteristics and classification of inlet waters based on the plankton communities. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **5** (2), 157-193.

2）上田拓史　1979：内湾における浮遊性かいあし類数種のパッチの潜水観察．1979年度日本海洋学会春季大会講演要旨集，307-308.

3）M. R. LANDRY　1978: Population dynamics and production of a plankton marine copepod, *Acartia clausii*, in a small temperate lagoon on San Juan Island, Washington. *Int. Revue ges. Hydrobiol.*, **63** (1), 77-119.

4）浜田七郎　1980：志々伎湾の海況特性．西水研研報，(54)，141-155.

5) 田中 克 1980：志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究—I．浮遊生活期仔稚魚の水平分布．西水研研報，(54)，231-258.

6) 上田拓史 1978：内湾性かいあし類の世代解析—特に *Acartia clausi* について—．日本プランクトン学会報，**25** (1)，55-66.

7) S. Nishida, O. Tanaka, and M. Omori 1977: Cyclopoid copepods of the family Oithonidae in Suruga Bay and adjacent waters. *Bull. Plankton Soc. Japan*, **24** (2), 119-158.

8) 西田周平・丸茂隆三 1977：石垣島川平湾の動物プランクトンについて．1977年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集，202-203.

9) M. Anraku 1975: Microdistribution of marine copepods in a small inlet. *Mar Biol.*, **30**, 79-87.

10) M. Oberg 1906 : Die Metamorphose der Plankton-Copepoden der Kieler Bucht. *Wiss. Meeresunters. Komm. Wiss. Unters. Deutch Meere*, **11**, 37-175.

11) 元田 茂 1974：プランクトンの採集．「海洋プランクトン」(丸茂隆三編)，海洋学講座 **10**, 191-225，東京大学出版会，東京．

12) 西田周平・丸茂隆三 1976：日本近海の *Oithona* 属橈脚類の分類について．1976年度日本海洋学会秋季大会講演要旨集，8-9.

13) G. P. Farran 1913: Plankton from Christmas Island, Indian Ocean. II. On Copepoda of the genera *Oithona* and *Paroithona*. *Proc. zool. Soc. London*, 1913, 181-193.

14) O. Tanaka 1960: Pelagic Copepoda. *Biol. Results Jap. Antarctic Res. Exp.*, **10**, (Special Publ. Seto Mar. Biol. Lab.) 1-95, pls. 1-40.

15) I. Rosendorn 1917: Die Gattung *Oithona* *Wiss. Ergebn. Deutschen Tietsee-Exped.*, **23**, 1-58.

16) J. G. González, and T. E. Bowman 1965 : Planktonic copepods from Bahía Fosforescente, Puerto Rico, and adjacent waters. *Proc. U. S. Natn. Mus.*, **117** (3513), 241-304.

17) K. A. Brodskii 1950: Calanoida of the far eastern seas and polar basin of the USSR. *Keys to the Fauna of the USSR*, **35**, 1-440. (translated from Russian by A. Mercado, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1967).

18) G. B. Deevey 1956: Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954 V. Zooplankton. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, **15**, 113-155.

19) G. B. Deevey 1960: The zooplankton of the surface waters of the Delaware Bay region. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, **17**, 5-53.

20) A. R. Emery 1968: Preliminary observations on coral reef plankton. *Limnol. Oceanogr.*, **13**, 293-303.

21) W. M. Hammner and J. H. Carleton 1979: Copepod swarms: Attributes and role in coral reef ecosystems. *Limnol. Oceangor.*, **24** (1), 1-14.

22) R. Hirota and M. Hara 1975: Zooplankton investigations in Yatsushiro-kai, western Kyushu, I. Regional and seasonal occurrences of the important zooplankton. *J. Oceanogr. Scc. Japan*, **31** (3), 115-123.

23) T. Mori 1937: The pelagic Copepoda from the neighbouring waters of Japan. 1-150, pls. 1-80, Yokendo, Tokyo.

24) O. Tanaka, 1956: The pelagic copepods of the Izu region, middle Japan. Systematic acount II. Families Paracalanidae and Pseudocalanidae. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **5** (3), 367-406

25) 大森 信・池田 勉 1976：動物プランクトン生態研究法．初版，1-229，共立出版株式会社，東京．

26) R. J. Conover 1956: Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954 VI. Biology of *Acartia clausi* and *A. tonsa*. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, **15**, 156-233.

平戸島志々伎湾の底生動物群集-I．
マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み

東 幹夫*・陣野 聡子*,**

The Bottom Fauna Communities in Shijiki Bay, Hirado Island-I. An Attempt at Analysing Habitat Based on Animal-Sediment Relations

Mikio AZUMA* and Satoko JINNO*,**

Benthic macrofauna and bottom sediments were sampled with 1/20 m^2 SMITH-McINTYRE grab at 48 stations in Shijiki Bay, south-western Hirado Islnad, in July, 1975.

Six major types of sediment were recognized according to KAMADA's system which defined the relation between median particle size and sorting coefficient or skewness. The sandy sediments characterized by rapid tidal streams, classified as Types I, IIa, and IIb, were distributed not only in the mouth region of the bay, but also in the eastern side of the central part and farther in the innermost part in which sand beach and eelgrass beds were formed. On the other hand, the soft sediment bottom that reflected gentler water movements, classified as Types III and IIIa, occupied the western side of the central part and the sheltered areas of the inner part of the bay.

Based on the distribution pattern of certain dominant taxonomic groups of benthic macrofauna, i. e., gammaridean and caprellid amphipods, polychaetes, snails, bivalves, and ophiuroids, the bay seemed to be topographically divided into three parts; outer part, central part, and inner part. Of the three, the inner part showed the highest faunal density.

The strong or weak correlations between polychaetes density and some sedimentary factors such as mud contents, ignition losses, and total nitrogen contents, varied with three ranges of depth above 11m, between 11m and 22m, and below 22m, respectively. These three regions seemed to be in approximate agreement with

昭和55年1月11日受理 (Received January 11, 1980)
西海区水産研究所業績 第372号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 372)
* 長崎大学教育学部 (Faculty of Education, Nagasaki University)
** 現在，長崎市立片渕中学校 (Katafuchi Junior High School, Nagasaki City)

three topographical parts of the bay mentioned above, and could be regarded as major habitats which constituted the fundamental structure of bottom environment of the bay.

は じ め に

一般にベントスは，海底やその周辺を生活の場としている魚類などの食物資源として重要な役割を担っている一方で，その生活様式が堆積物と極めて緊密な関係にあるため，堆積諸条件とともに，海底の環境構造を解析するための優れた手掛かりを与えてくれる．主としてこの両面が，志々伎湾における若齢期マダイ研究の一環として，ベントスの研究が要請され，組みこまれた所以である．

この第I報では，後者の側面を予察的に取り上げる．すなわち，この湾で若齢期をすごすマダイの生活の場 habitat はどのような特徴をもっているのかを，まず「舞台」ないし「競技場」–ELTON and MILLER[1]は，物理的生息場所と植生からなる地域複合体をこのように呼んだ–の構造として理解するため，マクロベントスの分布様式と堆積諸条件，および両者の係りから同湾の海底環境構造を概括的にとらえ，生息場所区分を行いたい．研究のこの段階では，マクロベントスの種のレベルまでの同定が進んでいないので，高次分類段階での堆積物との関係にもとづく巨視的な生息場所区分にとどまるが，この作業は，より具体的な生息場所分析の糸口を与え，続報でとりあげる主要な分類群の生態的分布等を考察するひとつの前提になるものと考えている．

研究を進める上で多大の御理解と御協力を賜った西海区水産研究所の林　知夫・上村忠夫両前所長，伊東祐方 前底魚資源部長をはじめ所員各位，「マダイ特別研究志々伎グループ」のメンバーの方々，とくに調査設計の段階から生息場所分析等に係る論議の相手になっていただき多くの御教示をいただいた最首光三前室長，志々伎漁業協同組合の各位に厚く御礼申しあげる．また卒業研究の一部として野外調査や室内作業に若い情熱を傾注された長崎大学教育学部生物学教室の卒業生，とりわけ本報に縁の深い植田雄三・小森幸一・川端（旧姓野元）利子・浅井ヒラミの諸氏，堆積物の粒度分析をご指導いただいた長崎大学教育学部の鎌田泰彦教授・西岡幸一助手に謝意を表したい．なお本文に入る前に，本報発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所の佐藤重勝所長に深謝する次第である．

方　　　法

調査は1975年7月19・20日の昼間，Fig. 1 に示す志々伎湾内48定点で実施された．採集には小型のスミス・マッキンタイヤ型採泥器（0.05㎡）を用い，各定点で1回ずつ採泥した．堆積物試料の一部は粒度分析用として100mℓポリビンに取り，その残りを約10％中性ホルマリンで固定して実験室へ持ち帰り，今回は 1㎜ 目の篩（ふるい）に残ったもの（マクロベントス）を対象に綱ないし亜目のレベルで個体数を求めた．

粒度分析は 1∅ 間隔の篩分法によって行い，分析値より INMAN[2] の分級（淘汰）度（σ_ϕ）および歪（対称）度（α_ϕ）を算出した．また，含泥率（mud content）はシルトと粘土を合わせたものの含有率として計算した．

有機物含量の指標としては，ケルダール法による全窒素量および500℃・5時間強熱による強熱減量を取り上げた．ただし今回用いた分析値* は，1974年1月に湾内108点で採泥された試料にもとづいている．

＊浜田七郎（西海区水産研究所）：未発表資料

結 果 と 考 察

1. 調査水域の堆積環境

志々伎湾は平戸島（平戸市）西南端に位置し，ほぼ北西方向に開けた，湾口約 2km，奥行き約 5kmの内湾である．水深は湾口付近が約30m（西寄りに40mていどの深みがある）で最も深く，15mていどの湾央付近から湾奥にかけて次第に浅くなっている（Fig. 1）．両岸から岩盤の迫る地形は湾口に近づくにつれて顕著になり，海岸線に沿ってガラモ（*Sargassum* spp.）の群落が発達している．湾央から湾奥にかけては岩盤からなる地続きの瀬のほかに転石帯を含む沖の瀬*が点在し，瀬には通常ガラモ等の藻類が生育している．湾奥のおよそ10m以浅の平坦底（level bottom）にはアマモ（*Zostera marina*）やウミヒルモ（*Halophila ovalis*）などの水中顕花植物が生え，入江でアマモ場（*Zostera* bed）を形成している．また湾奥潮間帯では磯浜の間を砂質干潟が占めている．湾内に流入する川は湾奥の数本を含めて極く貧弱な細流で，陸地からの栄養塩の供給は乏しい．

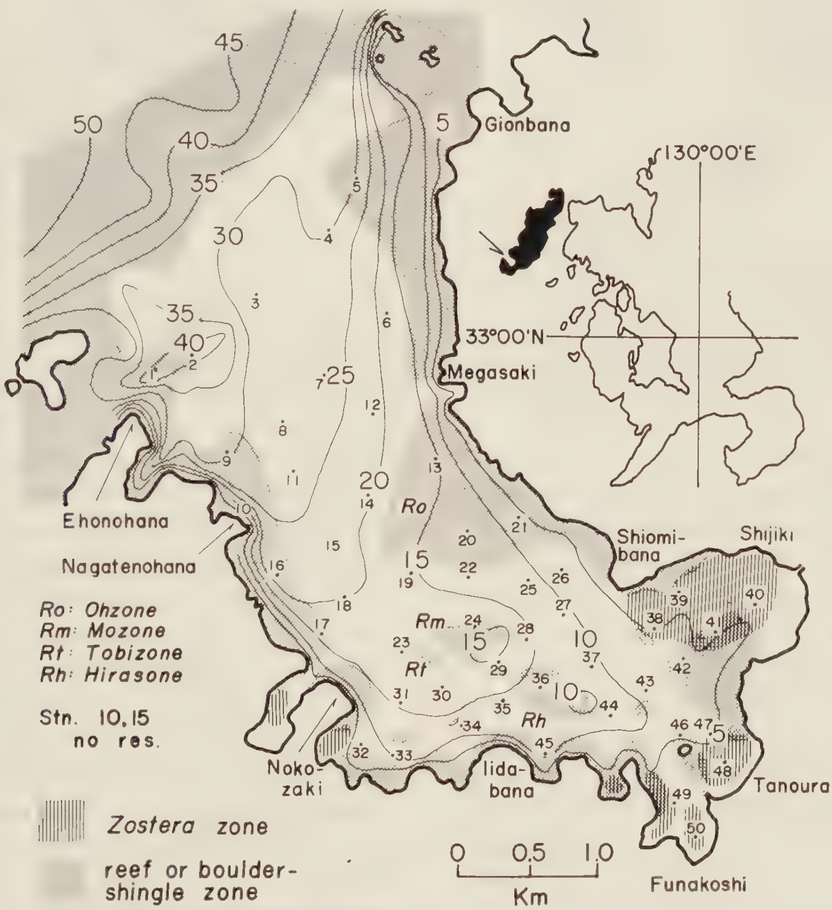


Fig. 1. 志々伎湾の等深線と調査定点
A map showing bathymetry and sampling stations of Shijiki Bay.

* 地元の漁業者は前者を堅い瀬，後者を軟らかい瀬と呼んで区別している．

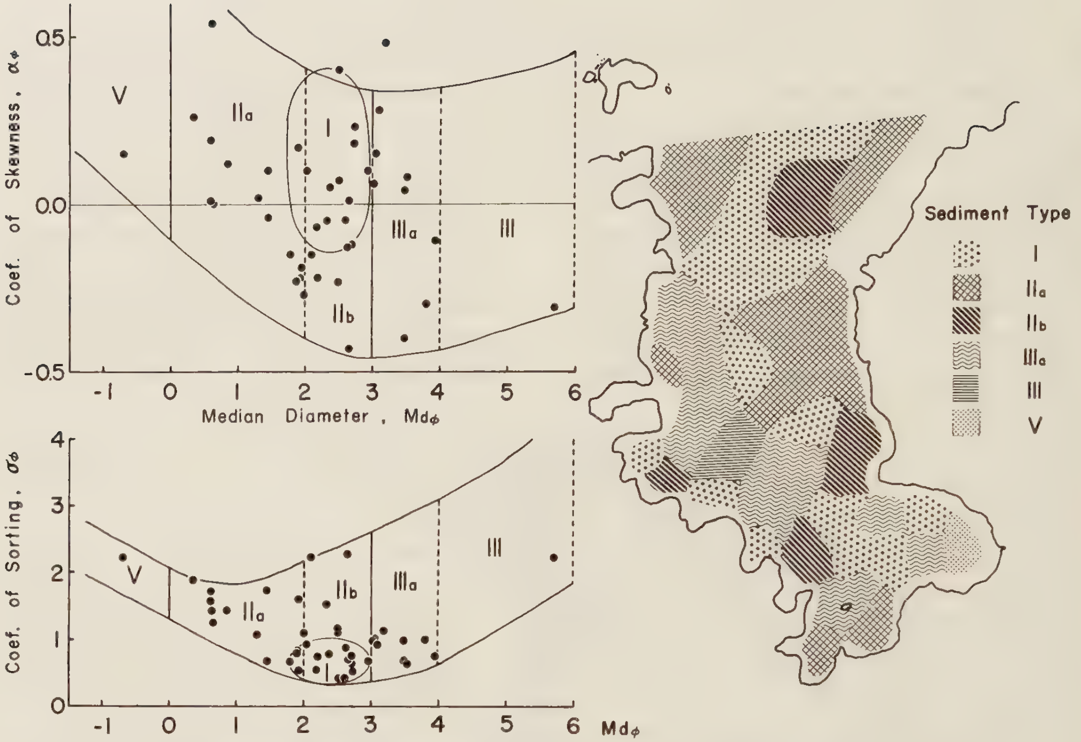


Fig. 2. 志々伎湾堆積物の粒度組成分布（FORK's ダイアグラム）による堆積型区分（左）とその水平分布（右）
Size distribution diagram of sediments, or FORK's diagram and classification of sediment types (left) and their areal distribution patterns (right) in Shijiki Bay.

この湾の海底堆積物の中央粒径値（$Md\phi$）は，-1ϕ（2mm）から 6ϕ（0 016mm）の範囲にあり，WENTWORTH の定義によれば，細礫（granules）から極細砂（very fine sand）までとなるが，海底の大部分は砂質（sand）の範ちゅうに収まる．

中央粒径値に対する分級度や歪度の関係から，浅海域の砕屑性堆積物の堆積型を5型に分けた INMAN・CHAMBERLAIN[3] の方式をやや変形して千々石（橘）湾に適用した鎌田ほか[4] の分類* にならって，鎌田[5] が FOLK's diagram と名付けた図（Fig. 2 左下）も含めて同湾の堆積型区分を試みた．

Fig. 2 から明らかなように，定点の大部分は粗砂から極細砂までの砂質堆積物で，分級度も全般に高い．このうちでも極めて分級のよい細砂からなる堆積型のI型が，湾口から湾奥までほぼ中央を貫いて基底をなしており，湾軸に沿った部分では流れの比較的ゆるやかなことが示唆される．I型に隣接して，同じ粒径範囲にあり分級が悪く，歪度が粗粒の方へ偏っていることから，流れや波の作用を示唆するⅡb 型が分布している．さらに粒径は大きくなるが，正の歪度を示すことから滞水的諸条件をそなえていることをうかがわせるⅡa 型が，湾口両岸と湾央東岸付近および湾奥の田の浦のアマモ場に分布する．この湾の代表的なアマモ場となっている田の浦の入江が 0〜2φ の砂底であり，

* I型：最も分級の進んだ細粒砂よりなり，*Md* は2～3φ．Ⅱ型：*Md* が0～3φ の砂質堆積物．2φ付近で粗粒の Ⅱa型と細粒のⅡb 型に2分される．Ⅲ型：*Md* が3～8φ の堆積物で泥質堆積物のほとんどが含まれる．4φ と 6φ とをもってⅢa，Ⅲ，Ⅲb に3分することができる．
Ⅳ型：*Md* が 8φ 以上の粘土を50%以上含む細粒の泥質堆積物．
Ⅴ型：*Md* が 0φ 以下の礫質堆積物で，多くは石灰質の生物遺骸の破片を豊富に含んでいる．

汀線付近にコアマモ(*Zostera nana*)を伴っていないことは，湾の最も奥まった部分が 0〜−1φ の極粗砂からなる砂質干潟V型を形成することとともに流動の活発さを特徴づけている．一方，I型より粒径が小さく，比較的分級のよいⅢa 型が湾央の西岸沿いに湾奥まで達しており，その途中の潮見鼻・野子埼線上に中央粒径値が 6φ に近い極細砂の部分（Ⅲ型）がみられる．またⅢa 型は潮見鼻の内側にも分布し，アマモ場を形成している．

以上のような堆積型の分布は，この湾の潮流が東岸寄りにやや卓越していること，湾央西岸寄りや潮見鼻内側付近に滞水域あるいは渦流域が存在することなどともよく符合する．志々伎湾は湾口から湾内に進むにつれて内湾度（embayment degree）が高まるといった一般的な傾向が必ずしも明確ではなく，湾奥でも地形的遮蔽が全般に貧弱で外海からの波浪の直接の影響を受けやすいため弱内湾的性格が維持されている．流動の小さいことを示唆する比較的粒子の細かい部分は，この湾では湾央の西岸寄りに形成され，さらにやや遮蔽された湾奥突出部の内側などに及んでいる．一方湾口付近には外洋水の強い影響を受けた砂質の堆積型が発達している．それが湾央の東岸を経て湾奥の砂質干潟や田の浦のアマモ場にまで達していることは，全体として海水の運動の活発なこの湾の堆積環境の特徴の主要な側面をなすものと考えられる．また，おおまかにみて，湾央から湾口にかけては同一堆積型の占める面積が大きいのに対して，転石帯やアマモ場や砂浜・礁浜などが狭い範囲に分布する湾奥では，同一堆積型の面積も小さく，モザイク状であることにもふれておかなければならない．

2. マクロベントスの分布様式

Fig. 3 は，全分類群を含むベントスの1平方メートル当りの総個体数をもとにして描いた等値線である．湾口付近，東岸から湾央に張り出した瀬（大ぞね）の部分，湾奥西岸と東岸およびアマモ場に15000個体以上の密度を示す場所が分布し，ことに湾奥東岸寄りの中央部には極めて密度の高い定点がある．一方，湾央のⅢ型（極細砂）を含めてⅢa 型の堆積型が分布する水域はベントスの最低密度域であとり，それをりかこむようにして，湾央と湾奥を区切る水域が低密度域をなしている．また，湾口と湾央の境界付近にもかなり

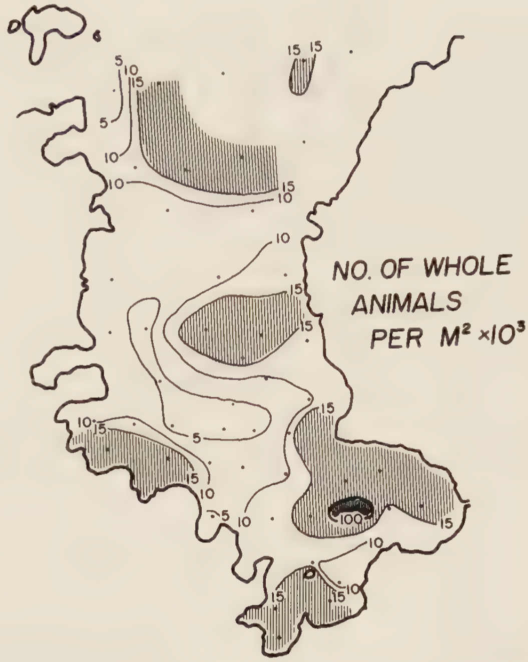


Fig. 3. 1975年7月に小型スミス・マッキンタイヤ型採泥器で採集されたベントスの全分類群の生息量等値線
以下図7まで採集日，採集法は同じ
The isopleth of abundance (no. per m²) of the whole benthic macrofauna collected by a small type SMITH McINTYRE grab in July, 1975. The date and the method of sampling in Fig. 3 are the same as in Fig. 4〜7.

広い低密度域が認められる．以下，この湾のマクロベントスを構成する主な分類群について，その分布様式を述べる．

ヨコエビ亜目（Gammaridea）の分布密度の等値線を Fig. 4 右でみると，湾口西寄り，潮見鼻・野子埼線以奥の西岸・アマモ場・東岸に高密度域が分布している．先の全動物密度とは異なって，湾央から湾口域東側の広い水域でのヨコエビ類の分布密度はむしろ低い．このようすは，Fig. 4 左の出現頻度の分布をみればさらに明瞭になる．ただし全動物密度で最低値を示した潮見鼻・野子埼線中央で，むしろ高い出現頻度を示している点は注目される（後述）．

ワレカラ亜目（Caprellidea）の分布密度（Fig. 5 左）はヨコエビ類より1けた低いが，湾口西寄りを除けばそれとよく似た分布様式を示す．すなわち，潮見鼻・野子埼線以奥に高密度域が分布し，とりわけアマ



Fig. 4. ヨコエビ類の生息量（右）と出現頻度（左）の等値線
The isoplethes of the abundance (right) and the percentage occurrence (left) of gammaridean amphipods.



Fig. 5. ワレカラ類（左）と底生甲殻類（右）の生息量等値線
The isoplethes of the abundance of caprellid amphipods (left) and whole benthic crustaceans (right).

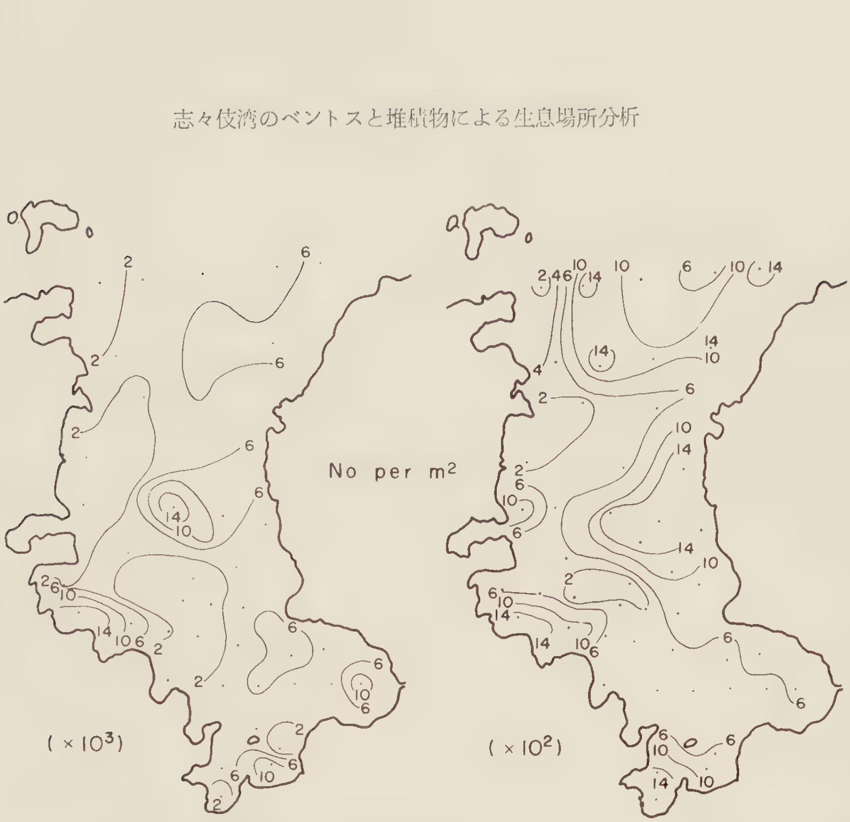


Fig. 6. 巻貝類（左）と二枚貝類（右）の生息量等値線
The isoplethes of the abundance of snails (left) and bivalves (right).

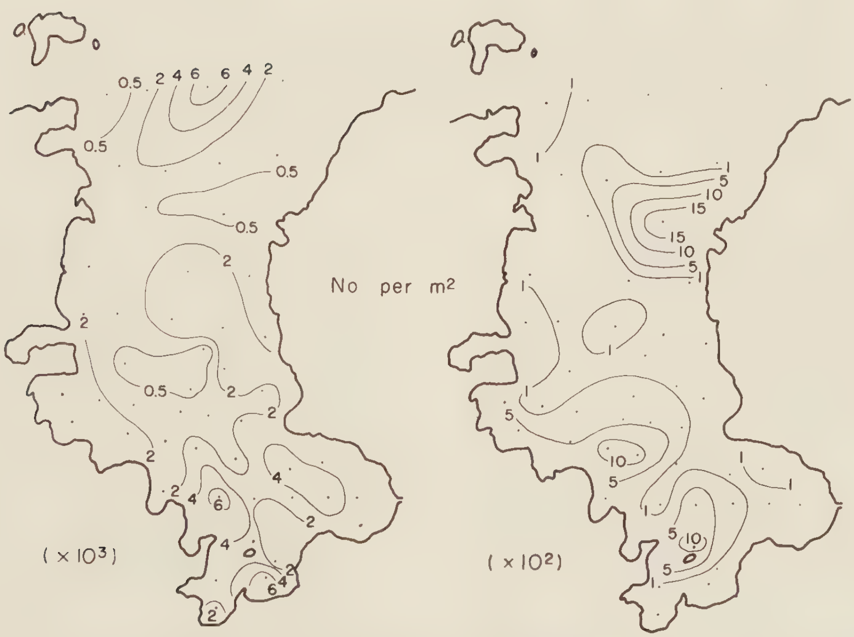


Fig. 7. 多毛類（左）とクモヒトデ類（右）の生息量等値線
The isoplethes of the abundance of polychaetes (left) and ophiuroides (right).

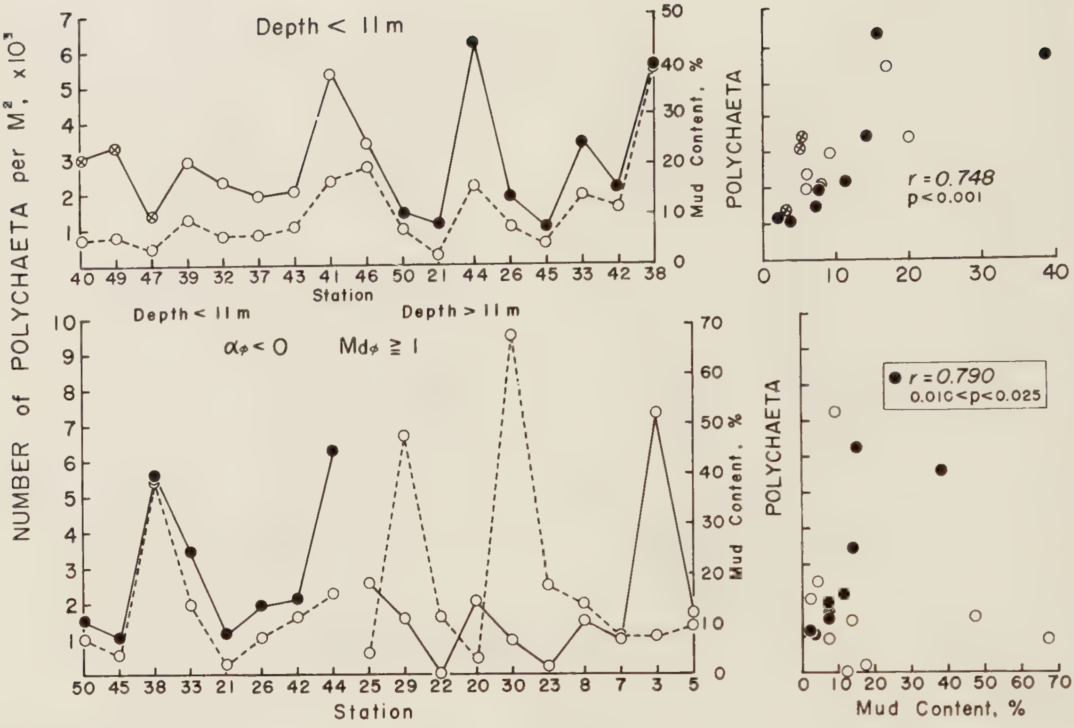


Fig. 8. 水深11m以浅で *Md*＜1（⊗），*Mdφ*≧1で *αφ*≧0（○）および *Mdφ*≧1で *αφ*＜0（●）（左上）と *Mdφ*≧1で *αφ*＜0 における11m 以浅（●）と以深（○）（左下）の各定点における多毛類の生息量（実線）と含泥率（破線）の変化と各水深範囲での両者の相関関係（右上と右下）

Relationships of the abundance of polychaetes (solid lines) to the mud content (dotted lines) in various conditions of the sediments above and below a depth of 11m. filled circles, *Mdφ*≧1, *αφ*＜0; open circles, *Mdφ*≧1, *αφ*≧0 above 11m, *αφ*＜0 below 11m; cross circles, *Mdφ* ＜1 above 11m.

モ場および湾奥西岸に高密度域が認められる．ヨコエビ類と同様，湖見鼻・野子埼線中央に高い密度域を示すが，これは藻ぞねと呼ばれる転石を含む沖の瀬のガラモ生育域に一致している．また，飯田鼻沖の高密度域も平ぞねと呼ばれる瀬に当る．

この湾の**甲殻綱**（Crustacea）（Fig. 5 右）はヨコエビとワレカラからなる端脚目が高い比率を占めており，上にみたように全般的には湾奥に多く出現する．内湾性の弱い多くの内湾の浅所，とくに砂底や砂泥底にはスガメソコエビ科（Ampeliscidae）のヨコエビを中心とした群集が形成されることが知られている[6]．

続報で詳しく述べるが，1977年6月に湾奥52定点で採集された甲殻類の64%はヨコエビ類によって占められ，ヨコエビ類の実に53.2%がスガメソコエビ科であった．このことは，この湾が湾奥においても弱い内湾度を保っていることを表わしている．

これに対して巻貝類*を主体とする軟体動物**腹足綱**（Gastropoda）は，Fig. 6 左にみるように，湾央および野子埼付近に高密度域を形成する．ことに湾央ではガラモ場の発達した大ぞねと一致している．

Fig. 6 右に示す**二枚貝綱**（Bivalvia）も，高密度域のひとつが大ぞねと一致する．そのほか湾口付近，野

＊小型巻貝類では生貝か遺骸かの判定がかなり困難である場合が多く，生貝だけのつもりの個体数の中に遺骸が含まれている可能性が残る．

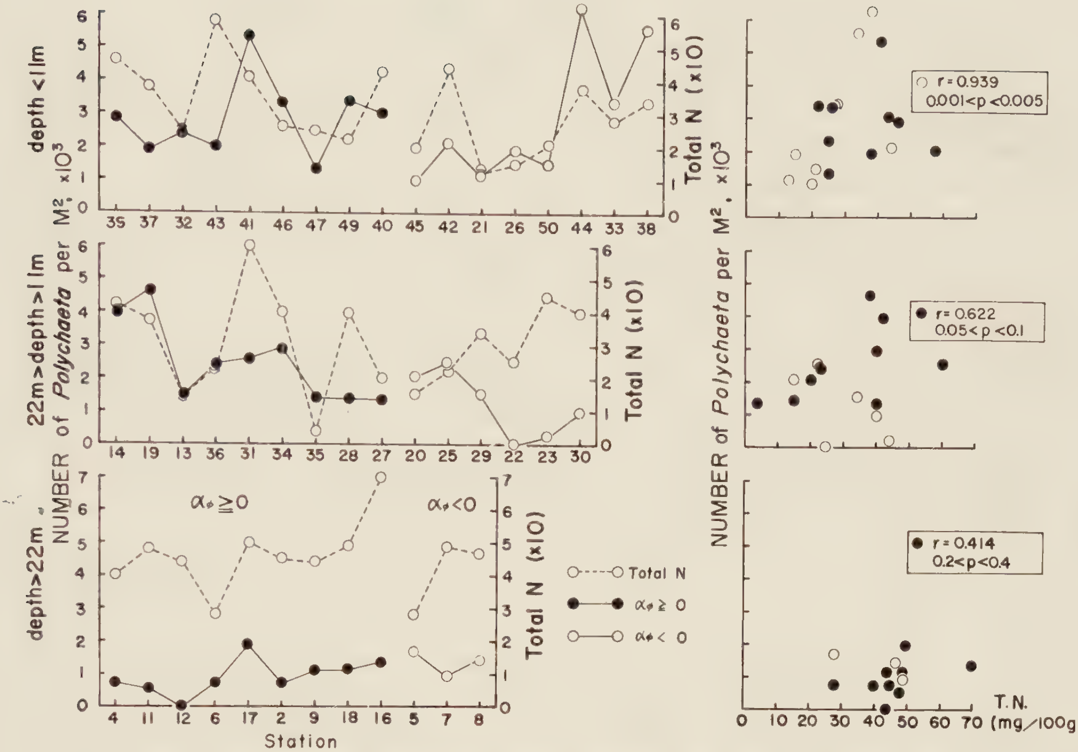


Fig. 9. 3つの水深範囲にあり歪度の異なる各定点の多毛類の生息量（実線）と全窒素量（破線）の変化（左）と両者の相関関係（右）黒丸は $\alpha\phi \geqq 0$，白丸は $\alpha\phi < 0$ を示す
Relationships of the abundance of polychaetes (solid lines) to the total nitrogen (dotted lines) in different skewness conditions of the sediments in three regions with different depth ranges. filled circles, $\alpha\phi \geqq 0$; open circles, $\alpha\phi < 0$.

子埼，舟越の入江などにも密度の高い定点が点在する．堆積型は，ⅠおよびⅡa，Ⅱb 型の貝殻まじりの砂質およびアマモやガラモの生えた藻場である．

環形動物**多毛綱**（Polychaeta）は Fig. 7 左にみるように，湾口と湾奥，とくにアマモ場や転石帯付近に多く，湾央では比較的低い密度で分布する．この分類群については，あとでさらに立入った検討を加える．

棘皮動物**クモヒトデ亜綱**（Ophiuroidea）の分布密度は全般に低い（Fig. 7 右）が，湾口の東側に集中的に分布するほか，湾央から奥にかけては西岸寄りの瀬や転石帯に偏って分布する傾向がみられる．

以上主な分類群による綱（亜綱）ないし亜目という高次分類段階での分布様式を眺めてきた．若干例外もあろうが，ベントスの分布様式からみて，湾内は，湾口・湾央・湾奥といった 3 水域に区分できそうである．すなわち，女鹿埼・長手ノ鼻線付近から沖合に向かって開けた湾口部には，西寄りにヨコエビ類，東寄りにクモヒトデ類の高密度域があり，中央付近に多毛類や二枚貝類がかなり高密度で分布する．上記の線と潮見鼻・野子埼線，あるいは潮見鼻・飯田鼻線で囲まれた部分を湾央部とすれば，この水域は，東岸から中央付近に張り出した大ぞねを中心にして腹足類・二枚貝類が高密度で分布するほかは全般にベントス密度の低い水域であり，とりわけ，甲殻類やクモヒトデ類などが貧弱である．さらに，潮見鼻から野子埼ないし飯田鼻を結ぶ線よりも内側の湾奥部はベントスの最も豊富な水域である．すなわち，ヨコエビ類・ワレカラ類を中心とした甲殻類と多毛類などは，とりわけこの水域のアマモ場や転石帯などに高密度域を形成している．

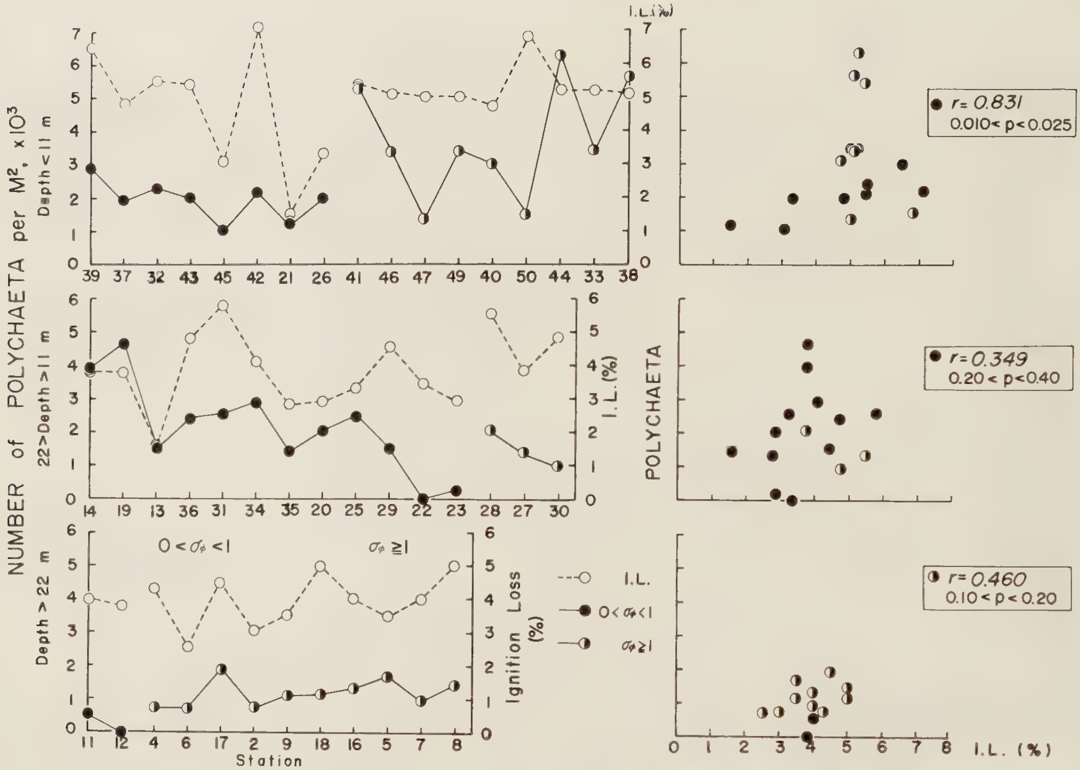


Fig. 10. 3つの水深範囲にあり分級度の異なる各定点の多毛類の生息量（実線）と強熱減量（破線）の変化（左）と両者の相関関係（右） 黒丸は $0<\sigma\phi<1$，半黒丸は $\sigma\phi\geqq 1$ を示す
Relationships of the abundance of polychaetes (solid lines) to the ignition loss (dotted lines) in different sorting coefficients of the sediments in three regions with different depth ranges. filled circles, $0<\sigma\phi<1$; semi-filled circles, $\sigma\phi\geqq 1$.

3. マクロベントスと堆積物との関係

ベントスの分布と海底堆積物の粒度諸属性や環境諸要因との関係については，多くの研究がある[7-9]．とくに個々の種の分布については，さまざまな環境要因との対応関係が分析されているし，特定の分類群についても種のレベルで群集として取り扱い，堆積環境との関係が論じられてきた．ここでは，先に分布様式を概観した主な分類群について，綱ないし亜門のレベルで，堆積物の諸属性や有機物含量の指標値との対応関係を検討する．

1） 多毛類

マクロベントスのうち腹足類（24%）に次いで多い多毛類をとりあげ，まず含泥率との関係をみる（Fig. 8）．

水深約11 m以浅の各定点では，多毛類の密度と含泥率との間には極めて高い有意水準（$p<0.001$）で正の相関（r=0.748）が認められる（$Md\phi<1$ の3定点では r=0.993，$Md\phi\geqq 1$ で $\alpha\phi<0$ の8定点では r=0.790，$Md\phi\geqq 1$ で $\alpha\phi\geqq 0$ の6定点では r=0.722 となる）．ところが，$Md\phi<1$，$\alpha\phi<0$ の条件で約11 m以深の定点について両者の関係をみると，逆に負の相関傾向が非有意ながらうかがわれる．

11 m以浅の定点における多毛類の密度と全窒素量との間にも同様の関係が成り立っている．とくに，$\alpha\phi<0$ の定点では極めて高い有意水準で正の相関が見出される（Fig. 9 上）．水深が増し，およそ11～22 mの範囲に入る定点では，それ以浅とは異なって $\alpha\phi\geqq 0$ の定点において，有意水準がやや低下しながらも正の相関が認められる（Fig. 9 中）．水深が約22 mを超え

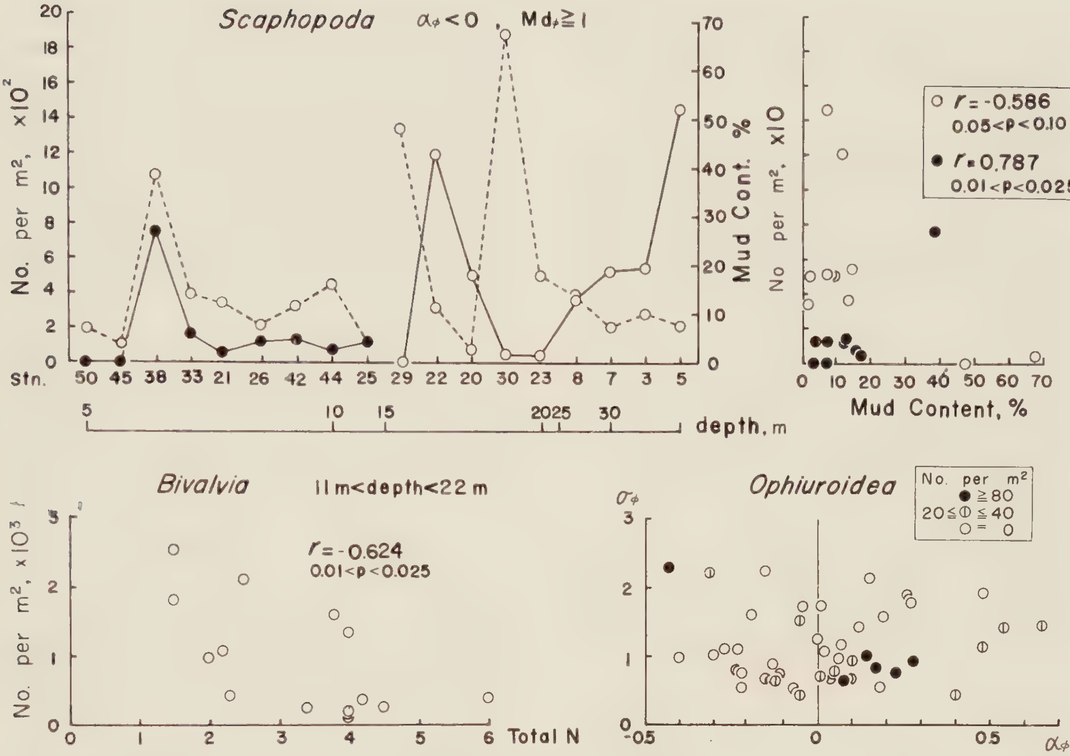


Fig. 11. *Mdφ*≧1，*αφ*＜0 の条件下にある 約15m以浅（黒丸）とそれ以深（白丸）の各定点に おける ツノガイ類の生息量（実線）と含泥率（破線）の変化（左上）と両者の相関関係（右上）11～22mの水深範囲における二枚貝類の生息量と全窒素量の相関関係（左下）クモヒトデ類生息量の歪度—分級係数座標上での相対的位置（右下）
Relationships of the abundance of tusk shells (solid lines) to the mud content (dotted lines) in the sedimental conditions of *Mdφ*≧1，*αφ*＜0，above and below a depth of approximately 15m (top). Relationships of the abundance of bivalves to the total nitrogen in the depth range between 11m and 22m (bottom left).
Relative positions of different ophiuroid abundance in the skewness-to-sorting co-ordinates (bottom right).

る定点では，粒径の歪度の如何にかかわらず，両者の相関は非有意となる（Fig. 9 下）.

次に強熱減量との関係を水深別に検討する．この場合には，粒径の分級度のちがいによって両者の関係が異なって現われる．すなわち，11m以浅では，0≦*αφ*≦1 の定点においてかなり高い有意水準で正の相関が認められ（Fig. 10上），11～22mの範囲では このような相関はみられず（Fig. 10中），22m以深になると *αφ*≧1 の定点において正相関の傾向（ただし非有意）がみられる（Fig. 10下）.

多毛類の分布密度と堆積物の諸要因との関係は粒径の諸属性の ちがいに 媒介されながら， 上にみたように，水深範囲で異なった現われ方を示す．

すなわち，およそ11m以浅にすむ多毛類は，含泥率が高く，全窒素量や強熱減量が示す有機物含量の多いほど高密度で分布する傾向をもっている．Nichols[10] は粘土（clay）含量と分級度が多毛類群集の定点間の類似度と高い相関をもつこと，つまり種構成の変化が堆積物中の粘土含量等のちがいによく対応しているとのべ，粘土粒子が有機物と結合しやすく，堆積物食者がそれを取りこむことを容易にしているという Sanders[11,7] の結論を引いている．志々伎湾の汀所をなす湾奥では，アマモ場や転石帯付近に多毛類の高密度域がみられる（前述）が，上記の傾向は，有機物のたまりやすい場所に分布する堆積物食者が出現の主体をなすのではないかと思わせる．しかし，分布密度と全窒

素量の正の相関が，流動によって細粒部分が洗い流されることを示す負の歪度という条件下で現われることから，懸濁物食者のウェイトも充分推察され，それほど単純なものではなかろう．

11m以深で負の歪度を示し，中央粒径値が 1ϕ を超える定点において，分布密度が含泥率と負の相関傾向をみせることは，それ以浅とは異なった生活形をもつ多毛類の生息を示唆している．すなわちここでは底層の流れに対応した生活様式をとる懸濁物食者や，深い場所の砂底から多く採集されたウロコムシの仲間などの分布を特徴としていると考えられる．

さらに22mを超えて深くなると，分級度の悪い定点において，強熱減量が高いほど分布密度が高まるという一定の傾向がうかがわれるが，それの意味するところは明らかでない．

水深がおよそ11～22mの範囲では，分布密度と全窒素量の正相関が，それ以外の水域と異なり，正の歪度をもつ定点，すなわち細粒の方へ偏り泥質の砂からなる堆積しやすい場所，で認められる点はこの水域の特徴の一端を示している．

多毛類の分布にとって，水深そのものは間接的な関係しかもっていないが，定点間の多毛類群集の類似度が深度に伴った堆積諸過程の特性の反映と考えられるという NICHOLS[10] の指摘は，志々伎湾にも適用できよう．種のレベルで検討すれば，分布様式と堆積環境との具体的な関係が得られようが，ここではとりあえず，多毛類として一括した分類群の出現状況から，深度に対応して堆積諸条件の異なる3水域が区分できる．

2） そのほかの分類群

ツノガイ類 (Scaphopoda) は Fig. 11上に示すように，$Md\phi \geqq 1$，$\alpha\phi < 0$ の堆積条件下において，水深約15mを境にして，それ以浅では含泥率が高いほど，それ以深では低いほど，分布密度が高くなるという，水深によって相反する相関関係を示す．この傾向は先の多毛類の場合とよく似ているが，境となる深度がやや異なっている．

二枚貝類の密度と全窒素量との間には，深度とは無関係に負の相関が成り立つが，とりわけ11～22mの定点ではかなり高い有意水準を示す（Fig. 11左下）．11～22mの範囲でのこの傾向は，先の多毛類の場合と対照的である．この湾の二枚貝類が細砂底にすむ弱内湾性の外洋性種[12] から成ることは，1975年6月の NUS ネットによる採集結果（東，未発表）* からも明らかであり，そのことが全窒素量との上記の相関によく反映されている．しかも水深11～22mの定点においてそれが顕著に現われることは，この水域が，多毛類とは逆の傾向を示すとはいえ，あるまとまった特徴をそなえていることを示唆している．

クモヒトデ類は，前述のように，湾内のかなり限られた場所に偏在するが（Fig. 7 右），そのような場所は Fig. 11右下からみて，粒径の歪みの小さい分級の良好な潮通しのよい場所であることがわかる．

4. 水域区分についての試論

多毛類をはじめとする二，三の分類群についての以上の検討から，ベントスの分布密度と堆積諸条件との関係のしかたを異にする水域が見いだされた．それは多くの場合，深度範囲に対応して区分できることがわかった．そして，それは先に主な分類群の分布様式の概要から予察した3水域—湾口部・湾央部・湾奥部—にほぼ符合する．ただし，この場合の3水域は単なる地形上の位置関係ではなく，ある幅をもった水深が考慮された水域として理解しなければならないだろう．例えば極端にいえば，地形的位置としては湾口域であっても，岸寄りの浅所は「湾奥部」という水域に属すると考えねばならない．その意味で3水域の呼び方は適当でないかも知れない．しかし現実にこの湾では，前述のように，湾口両岸が急峻な岩盤からできていて湾奥部的要素を認めることはほとんどできない．また地形的な意味で湾央域に属する女鹿埼から潮見鼻にかけての東岸は，10mないし15mの水深で分けるならば「湾奥部」に含まれるが，潮見鼻を境にしてその奥とは堆積環境等も大きく異なるので，むしろこの付近一帯は「湾奥部」とは区別し「湾央部」に含めた方がよかろう．つまり地形的な位置も水域区分に重要な意味をもっているので，3水域の呼称は必ずしも不適当ではない．

*小型底びき網の調査定点において，14科20種206個体採集された二枚貝（生貝）のうち，優占種のミジンシラオガイ *Microcirce dilecta*（108個体）と亜優占種マメグルミガイ *Nucula paulula*（38個体）をはじめ，マダラチゴトリガイ *Laevicardium undatopictum*（11個体）など，外洋性種が大部分を占める．

ところで湾口部と湾央部の境界は，上記の検討から水深22ｍ付近に求められた．世界中の海洋に普遍的な生物帯区分のなかで，上部浅海帯と下部浅海帯とを分ける水深がこの付近にあたることが知られている[13]．湾口部はそれに続く湾外の下部浅海帯の一部をなすのではなかろうか．22ｍから11ｍの水深に囲まれた湾央部は，東半分に湾口部的な堆積型をとどめながら，西半分がⅢａ型を中心とした細砂ないし極細砂の堆積型をなしており，湾口部と湾奥部との推移帯（ecotone）的な特徴をもった水域といえる．湾奥部はほぼ10ｍていどの等深線で区切られた浅所のうち，潮見鼻から女鹿埼付近を除いた範囲で，入江にアマモ場が形成されている水域と考えるならば野子の入江も含めるべきであろう．潮見鼻・野子埼線以奥を湾奥部とすると，水深的には湾央部の一部が含まれるが，藻ぞね・飛ぞねといった沖の瀬も湾奥部に含ませた方が湾奥部の特徴を理解しやすい．

ここで予察的に区分した湾内３水域は，陸上の生息場所の階層構造として Elton[14,15] および Elton・Miller[1] が大生息場所 major habitat と呼んだ地域に比較的近い概念内容を含ませたつもりである．しかし境界区分を行うさいつねに味わう，あいまいで割り切れない気分がここでも残る．海底がアマモやガラモの群落におおわれた水域での境界は明瞭であるが，裸の平担底（bare level bottom）では不明瞭だからである．海底では水の運動が堆積環境を支配し，さらにそれが植生の種類やなりたちをも左右している．そこで水の運動を反映した堆積環境のちがいとそれに緊密に結びついたベントスの分布様式との関係を検討することによって，生息場所の異質性がおおまかには深度範囲に対応して現われてくることが示唆された．これは「特定の植生型でおおわれた地域」という Elton[14] の大生息場所の規定よりも広く，むしろ河川の上・中・下流域のような関係に擬せられるのではないかと考えている．湾内に分布する同一堆積型は，大生息場所を構成している小生息場所 minor habitat としての側面をなしているように思われるのだが，川の瀬と渕といった構造単位[16,17] のようなものとしてとらえることができるかどうか，今後の研究課題として残されている．

要　　約

1．志々伎湾海底の環境構造をベントスと堆積物との係りから分析するため，1975年７月にスミス・マッキンタイヤ型採泥器による48定点の調査を行った．堆積物の粒度分析にもとづき６つの堆積型を区分するとともに，各定点の含泥率・全窒素量・強熱減量の測定値を堆積環境指標として用いた．一方１㎜以上のマクロベントスを対象にして，主な分類群について綱ないし亜目のレベルで，定点別分布密度を求めた．

2．外洋性の強い内湾としての地形的特性や植生の分布等を概観したうえで，堆積型の配置を通して同湾の堆積環境を予察した．すなわち，海底は全般に流動の活発さを示す砂質堆積物からなること，外洋水の強い影響を現わす湾口域の砂質堆積型が湾央東岸寄りを経て湾奥の干潟やアマモ場にまで達している一方で，滞水域を示唆する粒径の小さい堆積底が湾央西岸寄りと湾奥の遮蔽部に形成されていること，などである．

3．ヨコエビ類・ワレカラ類・腹足類・二枚貝類・多毛類・クモヒトデ類といった主なベントス分類群の等密度線からそれぞれの分布様式を概観し，甲殻類（とくにヨコエビ類）・多毛類を中心にベントスの豊富な湾奥，ヨコエビ類・クモヒトデ類が東西両岸寄りに分かれ，中央に多毛類等のやや高い分布域を示す湾口域，貝類の多い東岸の瀬とベントス密度の低い西岸寄りの堆積底をもつ湾央，の３水域に区分できることを示した．

4．多毛類の分布密度と含泥率や全窒素量・強熱減量との間の相関関係が粒径の諸属性のちがいに媒介されて，およそ11ｍと22ｍの水深を境にした３つの深度範囲で異なることが判明した．また，ツノガイ類・二枚貝類などでも深度範囲によって堆積環境が異なることが示唆された．

5．３つの深度範囲がベントスの分布様式から区分された地形的な３水域にほぼ対応していることを，各水域の特徴を整理しながら考察した．そしてそれらが環境構造の巨視的な階層としての大生息場所（major habitat）としてとらえ得ることを論じた．

文 献

1) C. S. Elton and R. S. Miller 1954 : The ecological survey of animal communities : with a practical system of classifying habitats by structural characters. *J. Ecol.*, **42**, 460–496.

2) D. L. Inman 1952 : Measures for describing the size distribution of sediments. *J. Sed. Petro.*, **22**, 125–145.

3) D. L. Inman and R. K. Chamberlain 1955: Particle-size distribution in nearshore sediments. *Finding Ancient Shorelines*, 106–129.

4) 鎌田泰彦・堀口承明・井上昌幸・渡辺博光 1973：長崎県千々石湾の底質—とくに泥質堆積物の分布について—. 長大教育自然科学研報, **24**, 61–79.

5) 鎌田泰彦 1979：大陸棚堆積物の性状と分布—主として九州周辺海域を例として—. 第25回西水研ブロック漁海況予報会議第8回シンポジウム報告書, 37–60.

6) D. Miyadi 1941: Marine benthic communities of the Beppu-wan. *Mem. Imp. Mar. Observatory*, **7** (4), 483–502.

7) H. L. Sanders 1958: Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationships. *Limnol. Oceanogr.*, **3** (3), 245–258.

8) D. C. Rhoads 1974: Organism-sediment relations on the muddy sea floor. In "Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev." (ed. by H. Barnes), **12**, 263–300, G. Allen and Unwin, London.

9) 菊池泰二 1977：浅海底生動物群集の生態分布と環境——殊に動物-底質型関係を中心に——（総説）. ベントス研連誌, **13/14**, 11–18.

10) F. H. Nichols 1970 : Benthic polychaeta assemblages and their relationship to the sediment in Port Madison, Washington. *Marine Biology*, **6**, 48–57.

11) H. L. Sanders 1956 : Oceanography of Long Island Sound, 1952–1954. 10. The biology of marine bottom communities. *Bull. Bingham Oceanogr. Coll.*, **12**, 1–169. (F. H. Nichols 1970 : から引用)

12) 波部忠重 1956：内湾の貝類遺骸の研究. 京大生理生態業績, **77**, 1–31.

13) J. W. Hedgpeth 1957: Classification of marine environments. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, **67** (1), 17–27.

14) C. S. Elton 1933 : The Ecology of Animals. Methuen & Co. Ltd.. London.〔川那部浩哉・松井宏明・井原敏明・堀道男・谷田一三共訳 1978：動物の生態. 293pp., 思索社, 東京.〕

15) C. S. Elton 1949 : Population interspersion : An essay on animal community patterns. *J. Ecol.*, **37**, 1–23.

16) 可児藤吉 1944：溪流棲昆虫の生態.「昆虫」(古川晴男編), 日本生物誌 4, 171–317, 研究社, 東京.

17) 渋谷寿夫 1960：理論生態学. 34–42, 理論社, 東京.

志々伎湾の底生魚類群集-I.
主要種の分布と群集の区分

中坊 徹次*

Demersal Fish Community in Shijiki Bay-I.
Distributions of Some Species and Division of the Community

Tetsuji NAKABO*

Distributions of some demersal fishes and division of the community in Shijiki Bay are reported here. Fishes were taken by small beam trawl and Gochi trawl at sandy bottom area and *Zostera* zone in the Bay during the period from 1975 to 1979. Fishes were also observed by diving at *Sargassum* belt and *Zostera* zone in the Bay.

The following results are gained in this report.

1) Distributions of selected 69 species were described. Distributional areas of fishes had seasonal regularity which did not change independently of the abundunce every year during the survey period. Distribution of each species seems to be influenced by the following factors, (1) food organisms, (2) distributions of equivalent species except closely related species, (3) distributions of closely related species, (4) physical environments.

2) Demersal fish community in Shijiki Bay is divided into 5 parts, the mouth of the Bay community, the central part community, the innermost part community, *Zostera* zone community and *Sargassum* belt community, according to the characters of substratum and vegetation. There are some characteristic species in each divided community.

我国沿岸の主要底生魚類資源の多くは近年減少していると言われる．そしてこれらを増やす目的で，幼稚魚の育成と放流が各地で行われている．しかし，沿岸域における生物生産機構に関する知見は乏しく，種苗の放流効果についても未解決の問題が多く残されている．そういう状勢に対応して1975年より水産庁西海区水産研究所では「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」が開始され，長崎大学，東京水産大学，京都大学の研究者・学生を加えて，マダイ特別研究志々伎グループがつくられた．このグループの研究目的はマダイの「生命表」を作成することにある．この研究目的のもとに筆者に与えられた課題は，志々伎湾における着底期以後のマダイ幼魚をとりまく底生魚類群集の特徴を明らかにす

昭和54年12月17日受理 (Received December 17, 1979)
西海区水産研究所業績 第362号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 362)
* 京都大学農学部水産学教室 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University)

ることである．

本報告では，志々伎湾の底生魚類のうち主要種の分布の規則性を明らかにし，物理的または生物的な環境との関係をできる範囲で考察した．そして底質環境の区分に対応させて底生魚類群集を区分した．最首[1]は，種苗放流の効果は，ポピュレーションの構造，とくに再生産のメカニズムとともにポピュレーションがおかれている種の生態的地位とそれを含む環境の種収容力によって影響される，とし，環境の種収容力に対して carrying capacity より niche space という言葉が適当であるとしたが，本報告では底生魚類群集の区分を，この niche space という点から把握した．

志々伎漁業協同組合の方々，とくに前漁業協同組合長栗山重夫氏の御協力がなければ本調査は行うことができなかった． 底びき網調査船の操船には福田福重氏，吾智網調査には各吾智網漁業者の方々の御協力をいただいた．筆者がマダイ特別研究志々伎グループの一員として調査・研究に参加するにあたり畔田正格氏をはじめ西海区水産研究所の方々には大変御迷惑をおかけした．標本の整理，測定等ではグループの方々の御協力をいただいた．西海区水産研究所におられた最首光三氏(現日本海区水産研究所資源部長)，伊東祐方氏（現東海区水産研究所資源部長）の両氏には，理論面・実践面において，マダイ特別研究志々伎グループの御指導をいただいた．これらの方々には深く感謝の意を表したい．

本報告をまとめるにあたり京都大学農学部水産学教室の岩井保教授をはじめ水産生物学研究室の方々にはいろいろと御助言をいただいた．ここに厚くお礼申し上げる．

最後に本報告の発表の機会を与えられた西海区水産研究所佐藤重勝所長に感謝したい．

材 料 と 方 法

底生魚類の採集は底びき網・吾智網により，それらの採集定点は Fig. 1に示した． 底びき網・吾智網の資料として Table 1・2にそれぞれ示した各日程，諸定点から得られたものを用いた．これら漁具による採集の他，湾内の田の浦・潮見鼻において，1975年4月下旬から12月下旬まで，随時，シュノーケル潜水によって魚類の目視観察を行って得られた知見も本報告に用いた．

底びき網はヘッドロープ長9 m，網丈2.1m， 網口6 m，袋網部の網目3㎜のもので約2ノットの速度で10分間えい網した．ただし，T-7では場所による制約があり5～7分間しかえい網できなかった．吾智網はヘッドロープ長24m，網丈6 m，おどし付ロープ158 m，袋網部の網目3㎜のもので，直径約200mの範囲でえい網した．

採集した魚類は調査船上で20% ホルマリンで固定し，実験室へ持ち帰り10%ホルマリンで保存後，種名を同定し，種ごとに個体数をかぞえ，全長範囲を求めた．魚種名は主として松原[2]に依った．

志々伎湾は長崎県平戸島の南西端に位置し北西方向に開き，湾口部約2km，奥行き約5kmの小湾で，湾口に向かって漸次深くなり湾口部は水深約30mとなっている． 干満の差も大潮時で 3 mに達し，湾口部も広く，湾の形状も単純であるので，潮汐によって外海の影響をうけやすい．また，湾内沿岸には目立った流入河川がないというのも特徴的である．海岸部は大部分

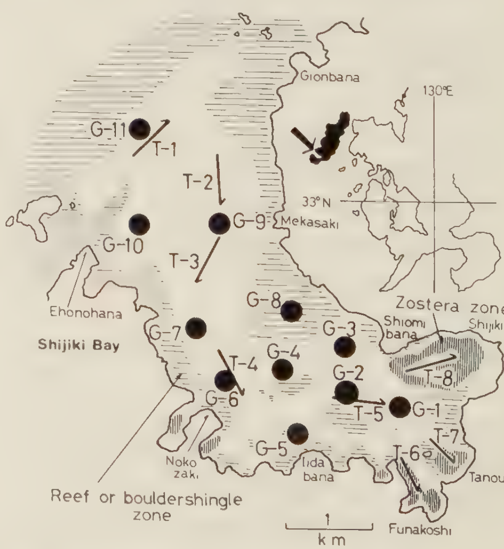


Fig. 1. 志々伎湾における底びき網と吾智網の定点
T—番号：底びき網，G—番号：吾智網
Sampling staitons of the surveys by both small beam trawl and Gochi-trawl in Shijiki Bay.
T-number: small beam trawl, G-number: Gochi-trawl.

が岩礁地帯であり，ホンダワラ類 *Sargassum* spp. が繁茂し，ガラモ場 *Sargassum* belt を形成する．湾の中心部は砂底であり，湾口部付近は中央粒径値（*Md* φ）約2〜3の貝殻片まじりの細砂域，湾中央部は*Md* φ約3〜4の極細砂域，湾奥部は*Md* φ約2〜3の細砂域，湾奥部の入江は *Md* φ 約1〜3の中砂〜細砂域となっている（木曽[3]）．低潮線下にはアマモ *Zostera marina* が繁茂し，アマモ場 *Zostera* zone を形成する．

湾口部細砂域には，底びき網のT-1・2・3が対応し，吾智網のG-9・10・11が対応する．湾中央部極細砂域は，T-4，G-4・6・7が，湾奥部細砂域は，T-5，G-1・2・3・5が，アマモ場には T-6・7・8が，それぞれ対応する．吾智網のG-8は湾中央部の転石まじりの“やわかせ”にあたる．以上は Fig. 2に示した．潜水観察を行った田の浦はアマモ場であり，潮見鼻はガラモ場である(Fig. 1)．

Table 1. 底びき網の調査日程と調査を行った定点　（D：昼間調査，N：夜間調査）
Dates of the surveys by small beam trawl in Shijiki Bay (D: survey in daytime, N: survey in nighttime).

Date \ Stn.	1	2	3	4	5	6	7	8
May 9, 1975	—	—	—	D	—	D	—	D
May 17, 1975	—	—	—	D	—	D	D	—
Jun. 10, 1975	—	D	D	D	D	D	—	D
Jun. 22, 1975	D	D	—	D	D	D	D	D
Jun. 29, 1975	D, N	D	—	D, N	D, N	D	D, N	D
Jul. 17, 1975	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D	D
Aug. 19, 1975	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Sep. 20, 1975	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Oct. 27, 1975	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Nov. 19, 1975	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Dec. 17, 1975	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Jan. 24, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Feb. 15, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Mar. 17, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Apr. 8, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Apr. 25, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
May 9-10, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
May 19, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Jun. 3, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Jun. 18, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	D, N	D
Jul. 21, 1976	D, N	D	D	D, N	D, N	D	N	D
May 1, 1977	D	—	D	D	D	D	—	—
May 7, 1977	D	D	D	D	D	D	—	D
May 21 22, 1977	D	D	D	D	D	D	—	D
Jun. 13 14, 1977	D	D	—	N	D, N	N	—	N
Jul. 18, 1977	D	D	D	D	D	D	—	D

Table 2. 吾智網の調査日程と調査を行った定点　D：昼間調査（吾智網は夜間の調査はなし）
Dates of the surveys by Gochi-trawl in Shijiki Bay. D: survey in daytime.

Date \ Stn.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
May 8, 1975	D	D	—	—	D	D	D	·	D	D	D
May 17, 1975	D	D	—	D	D	D	D	·	D	D	D
May 31, 1975	D	D	—	D	—	D	—	—	D	—	D
Jun. 11-12, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	—
Jun. 21, 1975	D	D	D	D	D	D	—	D	D	D	—
Jul. 1, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jul. 16, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Aug. 20, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Sep. 19, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Oct. 26, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Nov. 18, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Dec. 16, 1975	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jan. 24, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Feb. 15, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Mar. 16, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Apr. 8, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Apr. 24, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
May 8, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
May 19, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jun. 2, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jun. 18, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jul. 21, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Aug. 19, 1976	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
May 7, 1977	D	D	—	—	D	D	D	—	—	—	D
Jun. 14, 1977	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jul. 18, 1977	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Aug. 30, 1977	—	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jun. 19, 1979	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Jul. 20, 1979	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

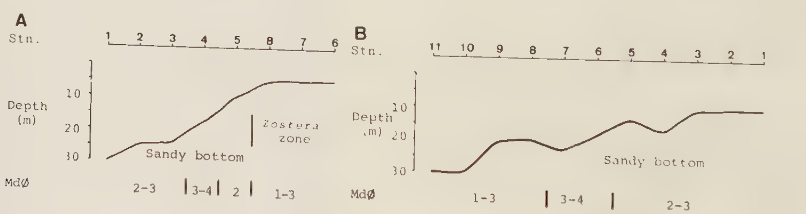


Fig. 2. 底びき網と吾智網の諸定点における底面の横断面と中央粒径値　（A：底びき網，B：吾智網）
The transverse section of bottom profile and median phi-diameters ($Md\phi$) at each sampling station of the survey by both small beam trawl (A) and Gochi-trawl (B).

結 果 と 考 察

本報告では，1～3月，4～6月，7～9月，10～12月の4期間に分けて得られた資料を整理した．これで1年を通しての志々伎湾の底生魚類のうち主要種の分布と群集の区分を述べる．湾内における各種の月別の季節的消長については，後に別途に報告する予定である．

底びき網と吾智網では漁具の性格上採集される魚類はかなり違っている．底びき網では小型で遊泳性がやや劣るものが，吾智網では底びき網で得られるものより大型でやや遊泳性を持つものと，底面よりすこし上

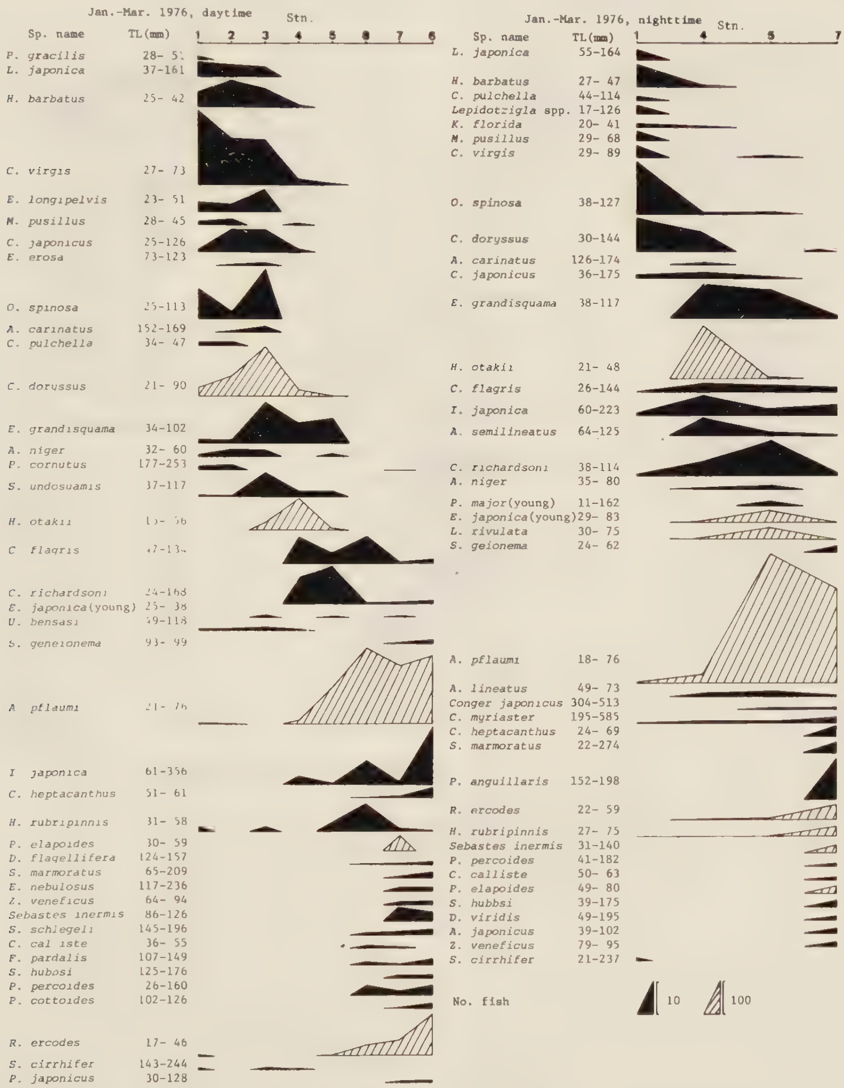


Fig. 3. 1976年1～3月における底びき網の各定点における各魚種の1網当りの個体数
Catch per haul of each demersal fish on each sampling station of the survey by small beam trawl in Shijiki Bay from January to March in 1976.

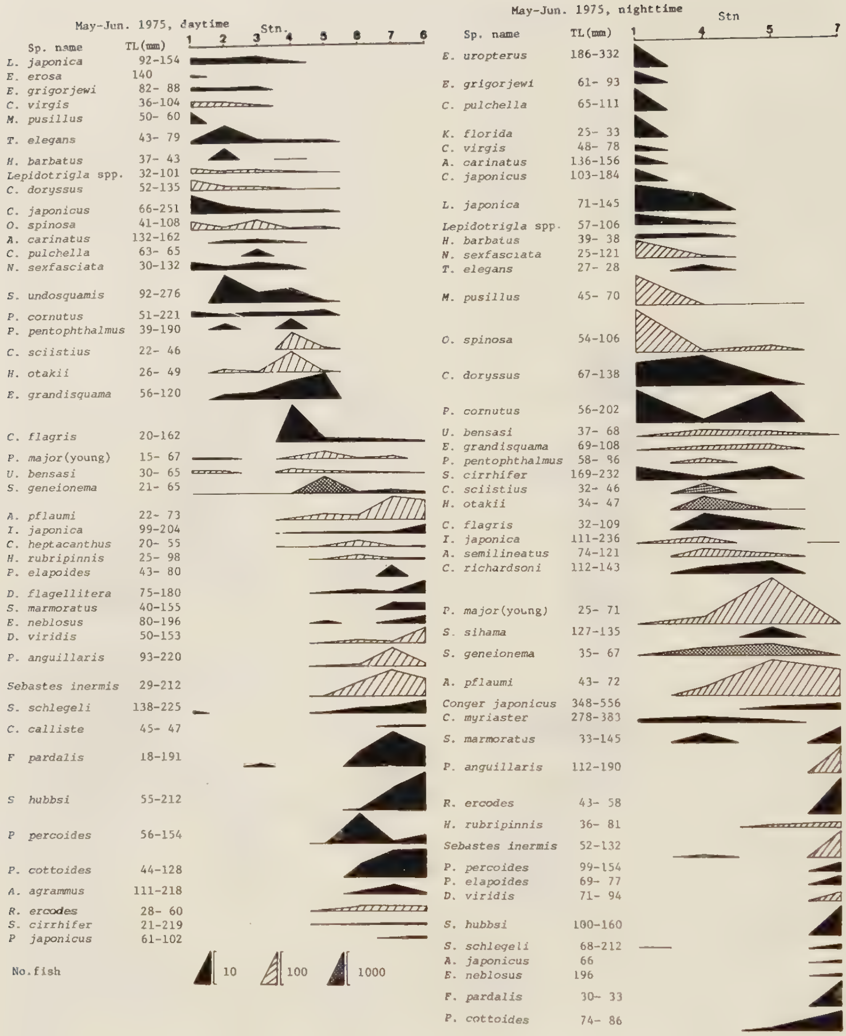


Fig. 4a. 4～6月における底びき網の各定点における各魚種の1網当りの個体数 1975年5～6月
Catch per haul of each demersal fish on each sampling station of the survey by small beam trawl in Shijiki Bay from April to June. May to June in 1975.

を群泳しているものが，それぞれ採集されている．このことから，これら二種類の漁具により湾内の底生魚類のほとんどの種類が採集されていると思われる．

底びき網と吾智網によって採集された魚類は約200余種と多種類にわたっている．ここでは，主要種として，生活史のすべてを湾内で送る周年定住種と，生活史のある一時期を湾内で送る季節的定住種（小池・西脇[4]）と考えられる69種を選び出し，各種の定点別1網あたり採集個体数を期間別に Figs. 3～10に示した．周年定住種，季節的定住種は，それぞれ周年にわたって湾内で採集される種，ある季節にまとまって湾内で採集される種ということで判断し選出した．

底生魚類群集の区分については，69種の分布を基礎にして述べた．

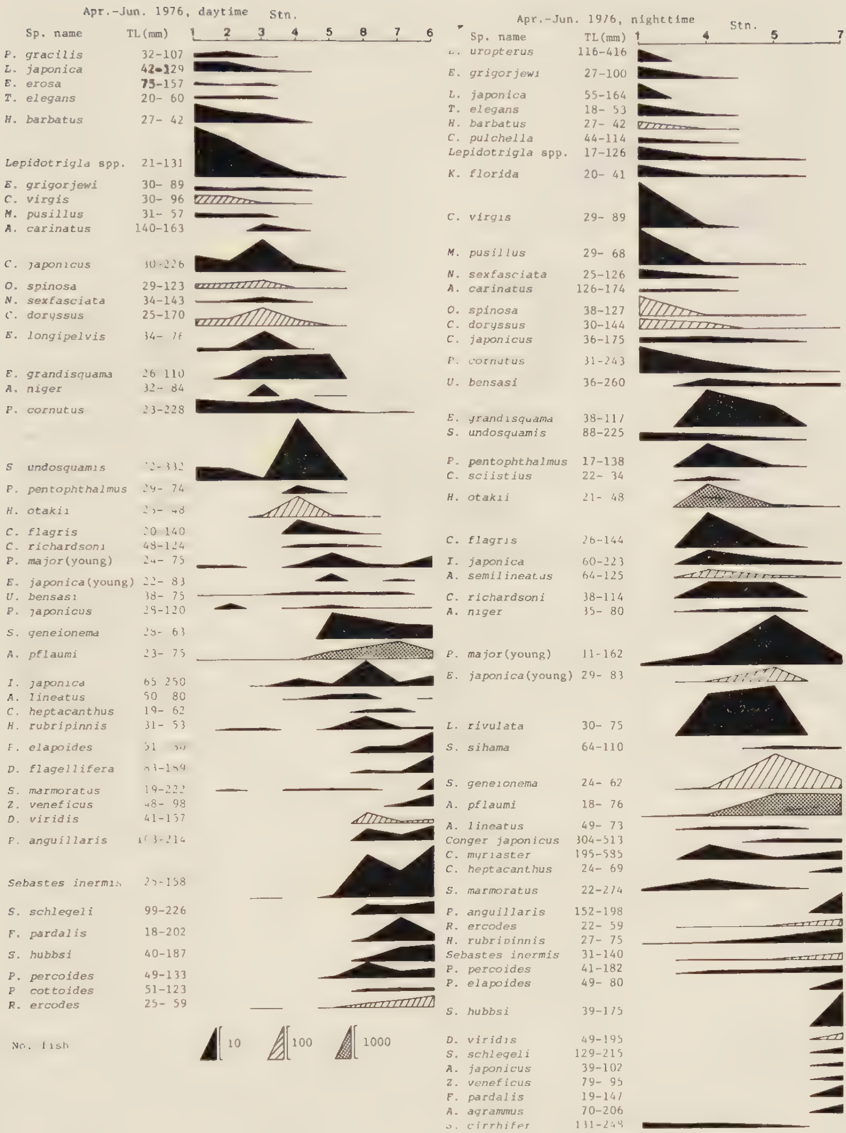


Fig. 4b. 1976年4～6月
April to June in 1976.

なお，1975年7月1日の吾智網調査は本来は1975年6月下旬に行う予定のものであったので，その結果は4～6月のものに含めた．

1. 主要種の分布

湾口部を中心に分布する種から湾奥部を中心に分布する種へと順を追って，それぞれの種の分布について記述する．なお，どの種が周年定住種であり，どの種が季節的定住種であるかは，それぞれの種の湾内における出現時期の記述で判別するので，別に記すことは

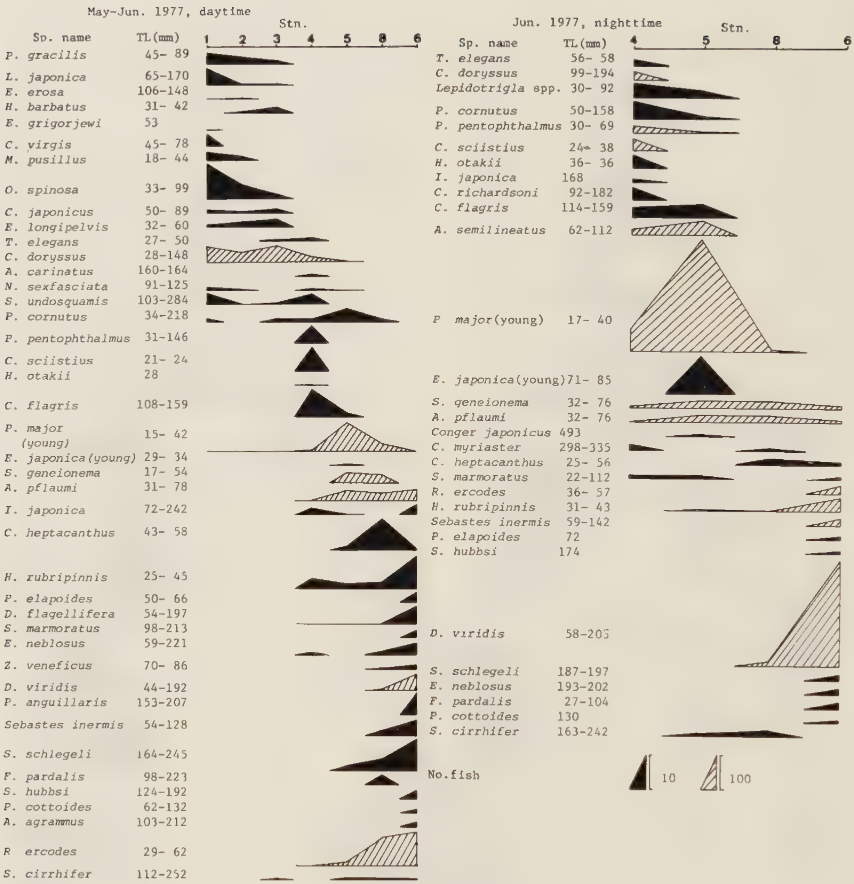


Fig. 4c. 1977年5～6月
May to June in 1977.

省略した．

トゲカナガシラ *Lepidotrigla japonica* Figs. 3～6：周年，昼夜間とも湾口部細砂域に分布する．個体数はあまり多くない．11月に幼魚が湾内に出現する．

ダルマオコゼ *Erosa erosa* (Figs. 3，4，5c，6)：個体数は少ないが，周年，昼間に湾口部細砂域に分布する．

ムシガレイ *Eopsetta grigorjewi* (Fig. 4)：4～6月に，幼魚が湾口部細砂域に分布する．夜間の方が採集個体数が多い．1977年は前2年より個体数は少なかった．

ホロヌメリ *Callionymus virgis* (Figs. 3～5a)：10～12月を除いて，昼夜間とも湾口部細砂域に分布する．分布の中心はやや湾口に寄っている．昼間の方が多く採集される．

ヤセオコゼ *Minous pusillus* (Fig. 3～6)：周年，主として夜間に湾口部細砂域に分布する．昼間にも採集されるが個体数は少ない．

ヒレアナゴ *Echelus uropterus* (Figs. 4a・b，5a・b)：4～9月に，夜間にのみ湾口部細砂域に分布する．

トラギス *Cilias pulchella* (Figs. 3，4a・b，5b，6)：10月に幼魚が多数湾口部細砂域に出現する．他の時期には極く少ない個体数で，同じ場所に分布す

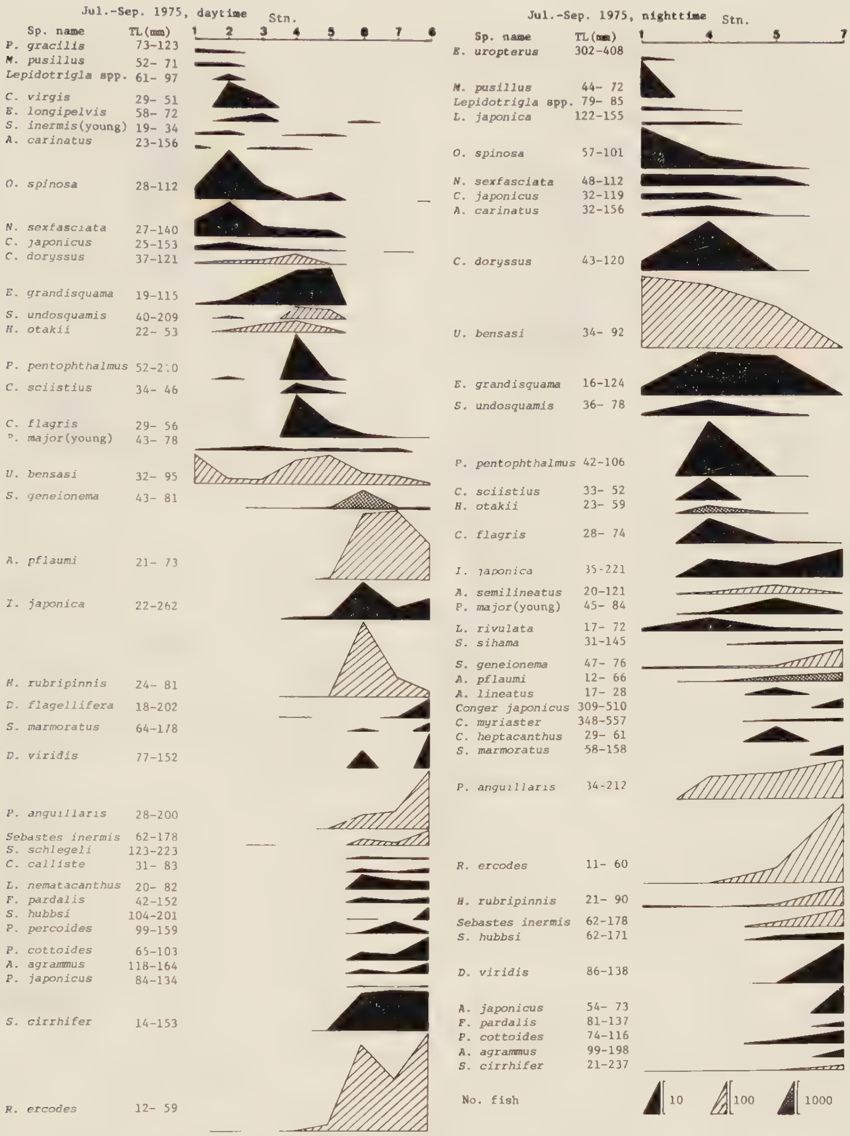


Fig. 5a. 7～9月における底びき網の各定点における各魚種の1網当りの個体数
1975年7～9月
Catch per haul of each demersal fish on each sampling station of the survey by small beam trawl in Shijiki Bay from July to September.
July to September in 1975.

る．

ニラミハゼ *Heteroplopomus barbatus* (Figs. 3, 4, 5b・c)：12月～翌7月に湾口部細砂域に分布する．昼夜ともに採集されるが，夜間の方が多い．1976年が他年に比べて個体数が多かった．

オニゴチ *Onigocia spinosa* (Figs. 3～6)：周年，湾口部細砂域に分布する．昼夜ともに採集されるが夜間の方が多い．11月に幼魚が出現する．

カナガシラ類 *Lepidotrigla* spp. (Figs. 3, 4, 5a・c, 6)：11月～翌8月に湾口部細砂域に分布す

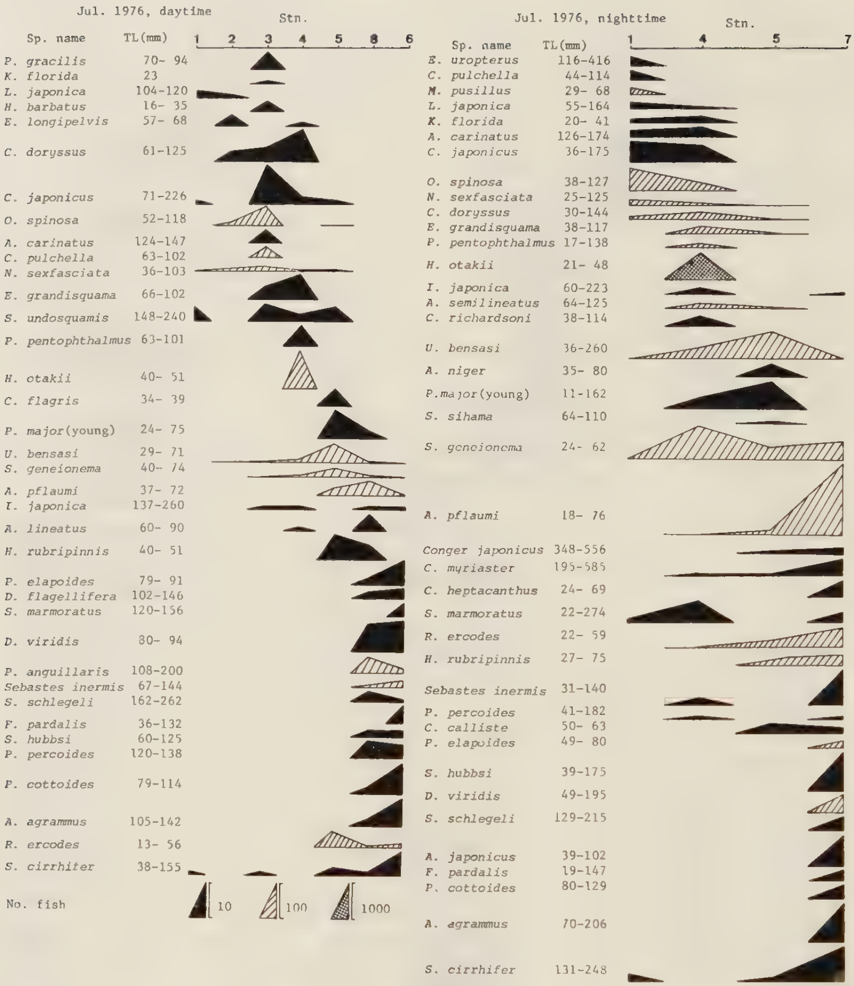


Fig. 5b. 1976年7月
July in 1976.

る．とくに4～6月に多くみられる．夜間の方が多い．複数種が存在しているが，いずれも若年魚のため種の分離・同定ができなかった．したがって，複数種を一緒にして扱った．

ユメアラメガレイ *Tarphops elegans* (Figs. 4，5c)：2～7月にかけて昼夜とも湾口部細砂域に分布する．1975年5～6月には分布が湾奥部細砂域に拡がったが，その中心は湾口部細砂域にあった (Fig. 4a)．

ハナチゴオコゼ *Kanekonia florida* (Figs. 3，4a・b，5b，6)：主として1～6月に湾口部細砂域に分布する．夜間における採集個体数の方が多い．

タマガシラ *Scolopsis inermis* (Figs. 5a，6)：8～12月に幼魚が湾口部細砂域にみられる．湾内での出現の初期は湾中央部極細砂域まで分布が拡がっていたが，後に湾口部細砂域に集中している．

ヒメダルマ *Engyplosopon longipelvis* (Figs. 3，4b・c，5，6)：12月～翌9月に湾口部細砂域，とくにT-3のやや湾中央部に近い所を中心に分布する．夜間は全く採集されない．1975年は，1976・1977

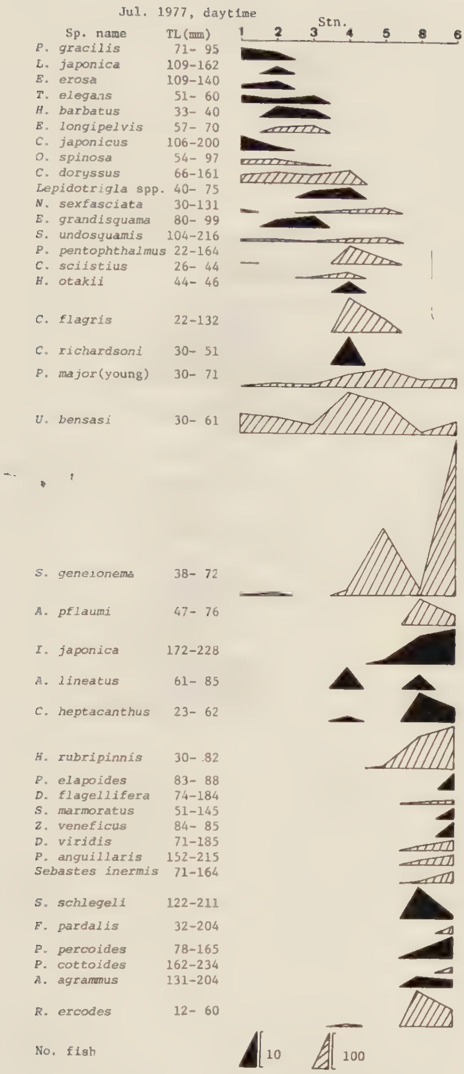


Fig. 5c. 1977年７月
July in 1977.

の両年に比べて，ほとんど採集されなかった．

ヨメゴチ *Calliurichthys japonicus* (Figs. 3～6)：周年，湾口部細砂域を中心として分布するが，初夏から秋にかけては湾奥部まで分布のすそが拡がっている．あまり大きな個体は湾内ではみられない．

ヤリヌメリ *Callionymus doryssus* (Figs. 3～6)：周年，湾口部から湾中央部にかけて昼夜ともにみられる． 晩冬から初夏には T-3 に分布の中心を持ち (Fig. 4 b・c)，夏から冬には T-4 に分布の中心を持つ (Fig. 5)． 晩冬から初夏には近縁種であるホロヌメリとは分布域にかなりの重なりがみられるが，本種の方がやや湾内に深く入り込み，分布の中心がずれている (Figs. 3，4)．

イトベラ *Pseudolabrus gracilis* (Figs. 3～6)：周年，湾口部細砂域の湾口に近い所で昼間にのみ採集される．個体数は少ない．

ハチ *Apistus carinatus* (Figs. 3，4，5 a・b，6)：周年，湾口部から湾中央部に分布している．昼夜の分布域の差から判断すると，昼は T-3 の付近に分布し，夜間は湾口部から湾中央部まで分布を拡げている．９月に幼魚が出現する．

クラカケギス *Neopercis sexfasciata* (Figs 4～6)：1～3月には湾口部細砂域に，4～6月には湾中央部まで分布を拡げ，7～12月には湾奥部細砂域にまで分布を拡げる．6月に幼魚が出現する．秋季に個体数が多い．近縁種のトラギスとは，分布域は重なるが，本種の方が広い (Figs. 4 a・b，5 b)． 10～12月には両種の分布の中心がずれる (Fig. 6)．

ダルマガレイ *Engyplosopon grandisquama* (Figs. 3，4 a・b，5，6)：周年，湾口部細砂域，とくに T-3， から湾奥部細砂域に分布する．分布の中心は湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域にある．1977年には他年に比べて個体数が極めて少なかったが，分布域に変化はなかった．

クロイシモチ *Apogon niger* (Figs. 3，4 b，5 b，6)：10月～翌1月に，湾中央部極細砂域を中心に湾内に広く分布する．個体数は少ない． 3～9月には湾中央部から湾奥部にかけて分布する．10月に幼魚が出現する．

テンジクダイ *Apogon lineatus* (Figs. 3，4 b，5，6)：周年，湾中央部極細砂域から湾奥部のアマモ場まで分布する． 昼間は T-8 の アマモ場を中心に分布しているが，夜間には湾中央部極細砂域に多く分布している．秋から冬にかけて多く出現する． 9月に幼魚が出現する．

ネンブツダイ *Apogon semilineatus* (Figs. 3，4，5 a，6)：夜間に湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域に分布する．秋から冬にかけては湾口部まで分布を

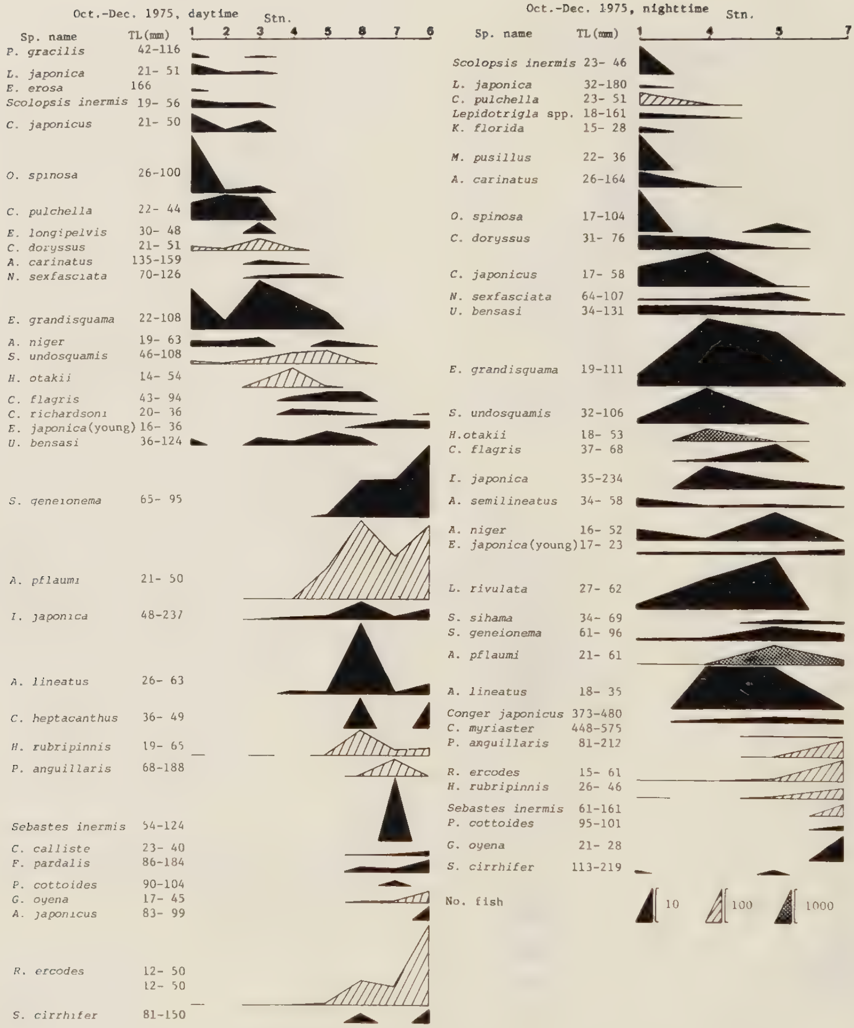


Fig. 6. 1975年10～12月における底びき網の各定点における各魚種の1網当りの個体数
Catch per haul of each demersal fish on each eampling station of the survey by small beam trawl in Shijiki Bay from October to December in 1975.

拡げている．潜水観察によれば，昼間は岸よりの岩礁の岩の間でじっとしてすごしている．8月に幼魚が出現する．

メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* (Figs. 3，4)：1～8月に湾口部から湾奥部細砂域まで，個体数は少ないが，ほぼ一様に分布する．1～5月にはアマモ場にも分布する．1月には幼魚がみられる．

マエソ *Saurida undosquamis* (Figs. 3～10)：周年，湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域を中心に分布している．夜間の個体数は少ない．秋から冬にかけて個体数が増えるが，これは幼魚の出現によるものである．

タマガンゾウビラメ *Pseudorhombus pentophthalmus* (Figs. 4，5)：主として5～9月に湾中央部極細砂域に分布する．夜間の方が個体数が多い．5月に幼魚がみられる．

コモチジャコ *Chaeturichthys sciistius* (Figs. 4, 5a・c)：初夏から秋に湾中央部極細砂域に出現する．1975〜1977年の各年で採集個体数は異なるが，分布域に変化はなかった．

ユカタハゼ *Hazeus otakii* (Figs. 3〜6)：周年，湾中央部極細砂域に分布する．1975・1976年には，湾中央部極細砂域の優占種であったが，1977年には個体数が非常に少なかった．しかし，分布場所に変化はなかった．

ハタタテヌメリ *Callionymus flagris* (Figs. 3〜6)：4〜6月中旬には湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域に分布する．6月下旬から翌3月まではアマモ場にも分布を拡げる．分布の中心は大まかには，湾中央部極細砂域にある．6月に幼魚がみられる．

ネズミゴチ *Callionymus richardsoni* (Figs. 3, 4, 5b・c, 6)：湾中央部極細砂域，湾奥部細砂域からアマモ場に分布する．湾奥部細砂域での出現個体数が他よりやや多い．採集されているのは小さい個体が多く，潜水観察によれば，大きい個体は岸よりの浅い砂底に分布している．したがって近縁種のハタタテヌメリとは分布域がすこしずれている．12月に幼魚がみられる．

マダイ *Pagrus major* (Figs. 3〜5, 7〜10)：1歳魚以上は周年湾内に分布する．但し湾口部は少ない．秋には個体数が少なくなる．幼魚は初夏に湾奥部細砂域に集中的に分布する．そして7月になると分布がやや拡がりはじめる．幼魚の分布の中心となる場所は，個体数の変動にもかかわらず，年によって変わらなかった．その後秋季には幼魚は個体数が減少し，湾内に残るものと湾外に出るものがあると思われる．底びき網の結果によると，幼魚は昼間は T-5 に分布が集中するが，夜間には T-4 にも分布のすそが拡がっている．この現象は，マダイ幼魚が昼間は個体間の間隔が狭く，群らがりの状態で摂餌し，夜間は個体間の間隔が広くなり眠っている（畔田他[5]）ということのひとつの反映と思われる．

チダイ *Evynnis japonica* (Figs. 3, 4b・c, 6〜10)：1歳魚以上は周年湾内で採集されるが個体数はマダイに比べて非常に少ない．幼魚は12月にアマモ場を中心に湾内全体に分布し，2月頃から湾奥部細砂域に分布する．初夏になると湾奥部細砂域における吾智網定点のいずれか1点に集中して採集されるようになる．これはチダイ自身の成長に伴う分布状態の変化と考えられる．夏から初冬までは越冬個体と思われるものが湾奥部細砂域に限って分布する．この時期には本種の湾内における個体数は非常に少ない．近縁種であるマダイ幼魚とは湾内に現われる時期が約半年ずれる．しかし底びき網による採集結果では両種は同じT-5に分布する．しかし吾智網による採集結果では湾奥部中砂域内で，両者の大きさの差が縮まってくる7月以降に，両者の分布域に若干のずれがみられる (Fig. 9a)．底びき網の昼夜の採集結果による本種の幼魚の分布状態の違いはマダイ幼魚と同様の傾向を示す．

ヒメジ *Upeneus bensasi* (Figs. 3, 4a・b, 5, 6, 9, 10)：夏に多く湾内全体に分布する．しかし，湾口部のT-1，湾中央部極細砂域，湾奥部細砂域における個体数は他に比べて多い．春から初夏には個体数が極端に少ない．

サビハゼ *Sagamia geneionema* (Figs. 3〜6, 8, 9)：5月から秋に湾奥部細砂域からアマモ場を中心に分布し，6月頃には G-8 に分布を拡げる．冬季はアマモ場に分布が収束し，個体数が非常に少なくなる．潜水観察によれば，全長で約50mmまでの個体は海底面から20〜30cm上方を数尾の群れで遊泳している．分布の拡大期は，この時期にあたっており，本種のこのような生態が分布の拡大に関係していると考えられる．全長50mmを過ぎれば，本種は海底面に着底する．本種の食性は，全長50mmを境に変化しており（松宮他[6]），上述したような生息空間の変化を反映している．

スジハゼ *Acentrogobius pflaumi* (Figs. 3〜6)：周年，湾奥部細砂域からアマモ場にかけて分布する．昼間はアマモ場に分布の中心を持つ．夜間は，湾奥部細砂域における個体数がアマモ場のそれを上まわる．採集される個体数は夜間の方が多い．マダイ幼魚の個体数が最も多かった1977年には，昼夜とも個体数が少なかった．そして昼夜による分布の中心に変化がなかった．しかし分布域には変化はなかった．9月に幼魚が出現している．

オキヒイラギ *Leiognathus rivulata* (Figs. 3, 4b, 5a, 6〜10)：周年，湾内に広く分布する．湾内に一様に分布するのではなく，吾智網のいくつかの定点で大量に採集される．また個体数は少ないか，底びき

網で夜間に湾中央部極細砂域と湾奥部細砂域において採集される．したがって昼間は湾内を群れで遊泳し（吾智網は昼間の調査のみ），夜間には群れを解いて湾中央～湾奥部の砂底に生息しているものと思われる．湾口部あるいは湾中央部にやや分布が偏る傾向がある．6～7月にかけて本種はサビハゼとすみわけ的な分布を示している（Fig. 8，9 b），サビハゼの分布がアマモ場に限られる10～12月には本種は湾内に広く分布している（Fig. 10）こと，また分布域が湾口部と湾中央部に偏る傾向があるとはいえ，湾内の吾智網のどの定点でも本種が採集されるということから，湾内において昼間に本種が生息しうる場所は広いと考えられる．したがって6～7月にはサビハゼが本種の分布に影響を与えていると考えられる．Figs. 8 b-C, 9 b-C によるとマダイ幼魚も本種の分布に影響を与えていると思われる．なお，1975年5月17日のG-11，5月31日のG-2，6月21日のG-9においては本種の明確な個体数の記入がなされておらず，「多数」とのみ記されており，一応1000個体として計算した．少なくとも分布域という面に関しては影響がないと思われる．

キス *Sillago sihama*（Figs. 4 a，5 a・b，6～9）：1～8月に湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域に分布する．幼魚は9月に湾内に出現する．そして1歳魚以上がいなくなる秋にも，少ない個体数ではあるが湾中央部極細砂域で夜間の底びき網で幼魚が採集される．

イサキ *Parapristipoma trilineatum*（Figs. 8 a，9 a）：初夏に1歳魚以上が湾内で吾智網で採集され，晩夏には幼魚が湾内に出現する．どちらも湾奥部に分布が寄っている．

カワハギ *Stephanolepis cirrhifer*（Figs. 3，4，5 a・b，6～10）：1歳魚以上は，周年湾内の砂底に分布する．幼魚は6～7月にアマモ場に分布する．冬季

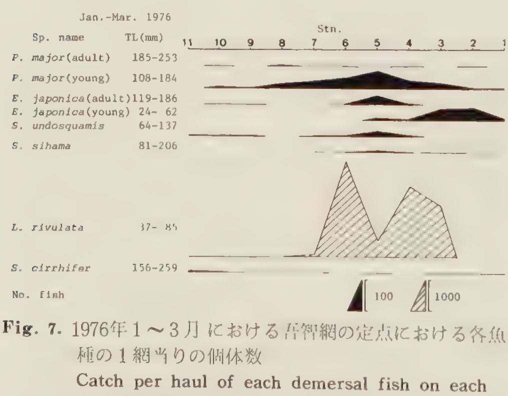


Fig. 7. 1976年1～3月における吾智網の定点における各魚種の1網当りの個体数
Catch per haul of each demersal fish on each sampling station of the survey by Gochi trawl in Shijiki Bay from January to March in 1976.

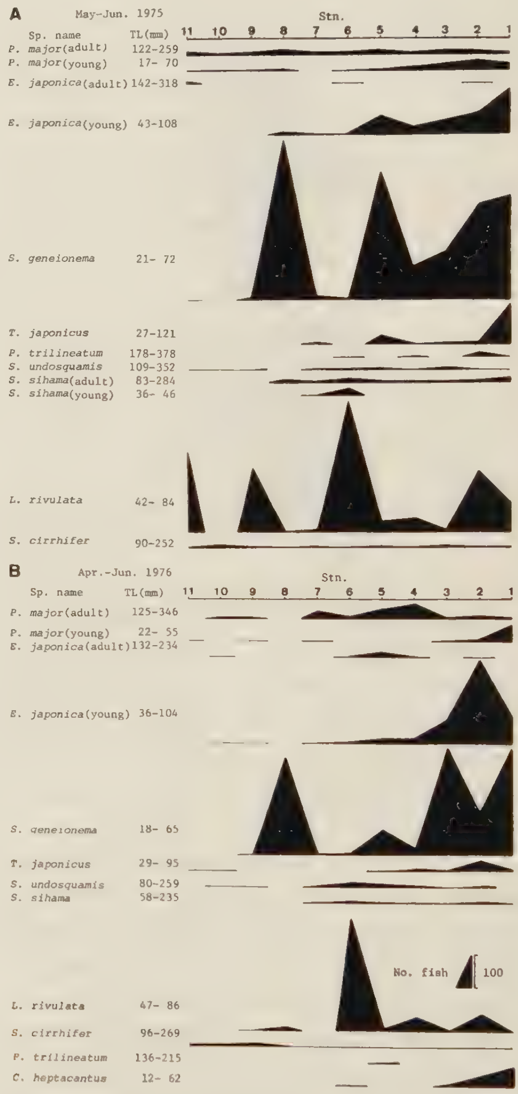


Fig. 8a. 4～6月における吾智網の各定点における各魚種の1網当りの個体数
1975年5～6月(A)，1976年4～6月(B)
Catch per haul of each demersal fish on each sampling station of the survey by Gochi-trawl in Shijiki Bay from April to June
May-June in 1975(A), April-June in 1976(B)

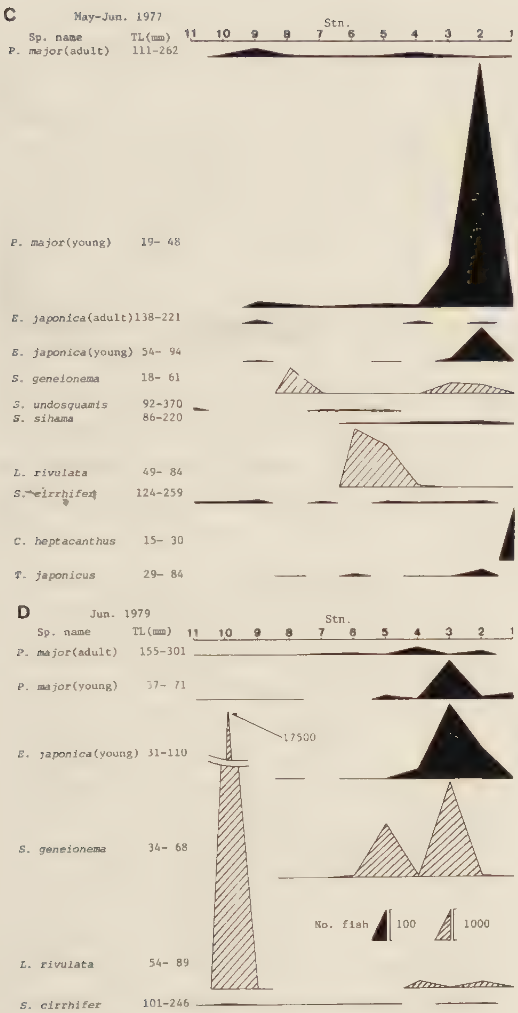


Fig. 8b. 1977年5～6月(C)，1979年6月(D)
May～June in 1977(C), June in 1979(D).

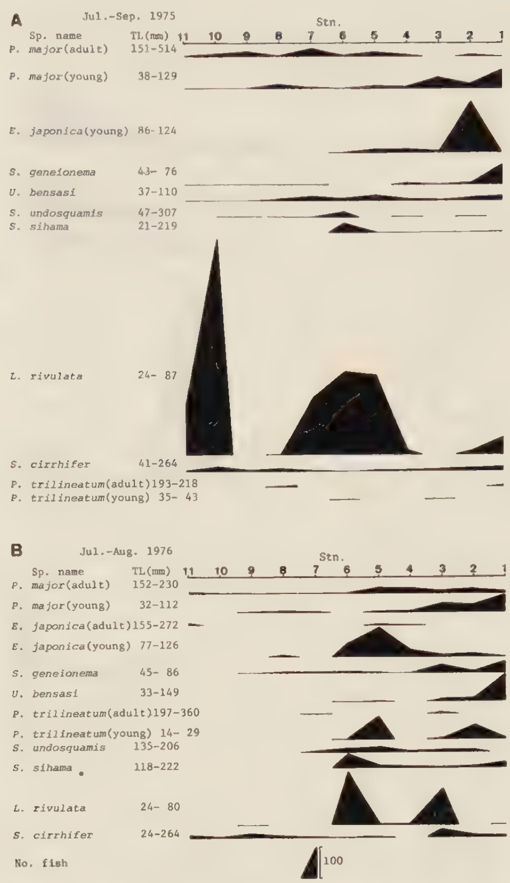


Fig. 9a. 7～9月における五智網の各定点における各魚種の1網当りの個体数
1975年7～9月(A)，1976年7～8月(B)
Catch per haul of each demersal fish on each sampling station of the survey by Gochi-trawl in Shijiki Bay from July to September.
July～September in 1975(A), July-August in 1976(B).

には湾内での個体数が減少する．おそらく湾外へ出るものと思われる．

マアジ *Trachurus japonicus* (Fig. 8)： 4～6月に幼魚が湾奥部細砂域に分布する．

トカゲゴチ *Inegocia japonica* (Figs. 3～6)：周年湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域，アマモ場に分布する．昼間はアマモ場に分布が集中しているが，夜間は湾中央部極細砂域まで分布を拡げる．

クロアナゴ *Conger japonicus* (Figs. 3, 4, 5a・b, 6)：周年湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域，アマモ場に分布する．夜間にのみ底びき網で採集される．

マアナゴ *Conger myriaster* (Figs. 3, 4, 5a・b, 6)：周年湾中央部極細砂域から湾奥部細砂域，アマモ場に分布する．夜間にのみ底びき網で採集される．近縁種であるクロアナゴとは分布が重なる場合とすみわけ的になる場合がある．松宮他[7]によれば志々伎湾におけるアナゴ類2種の胃内容物組成はほとんど同じだという．

ニクハゼ *Chaenogobius heptacanthus* (Figs. 3～6,

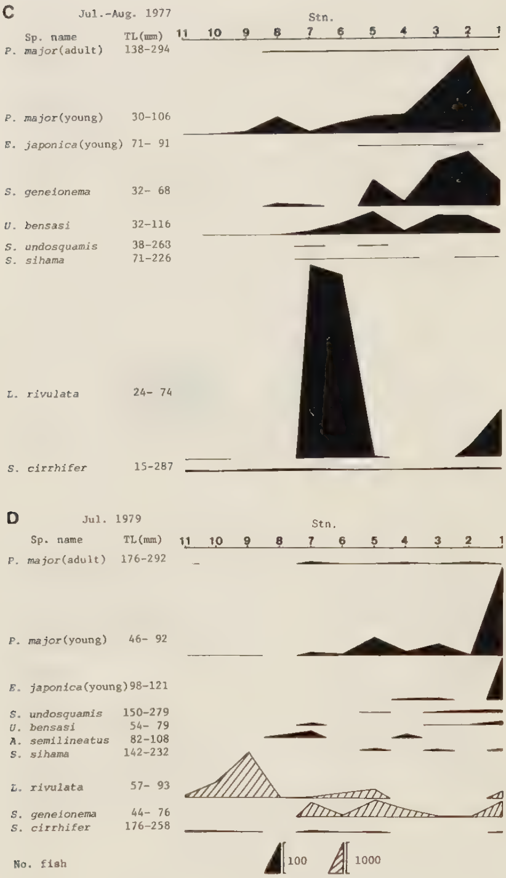


Fig. 9b. 1977年7～8月(C), 1979年7月(D)
July～August in 1977(C), July in 1979(D).

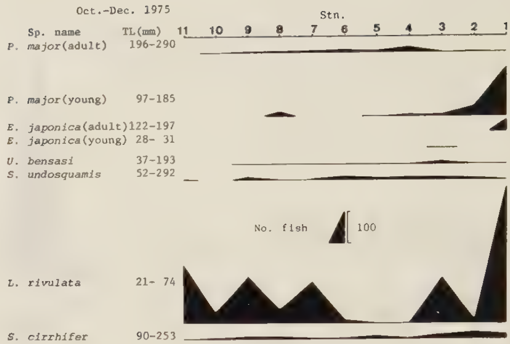


Fig. 10. 1975年10～12月における吾智網の各定点における各魚種の1網当りの個体数
Catch per haul of each demersal fish on each sampling station of the survey by Gochi trawl in Shijiki Bay from October to December in 1975.

8b・c)：周年アマモ場に分布する．成魚の個体数はあまり多くない．6月に幼魚がアマモ場に出現する．1975年6月下旬には湾奥部の入江の田の浦においてアマモ場と砂場の接点で本種の幼魚のおびただしい数の群れが底面から20～30cmほど上方を遊泳しているのが，潜水によって観察された．

アゴハゼ *Chasmichthys dolichognathus*：成魚は岸近くの岩場や砂浜の潮だまりに生息する．1975年4月下旬から5月中旬に，岩場の波うちぎわ付近，アマモ場と砂場の接点に幼魚が群れているのを潜水によって観察した．アマモ場と砂場の接点では本種の幼魚が去った後，同じ場所にニクハゼの幼魚が出現している．

ハオコゼ *Hypodytes rubripinnis* (Figs. 3～6)：周年アマモ場に分布する．しかし隣接する砂底にも分布を拡げている場合もよくある．アマモ場では潮見鼻付近の T-8 における個体数が最も多い．

キヌバリ *Pterogobius elapoides* (Figs. 3, 4, 5b・c)：12月～翌8月にアマモ場に分布する．冬季に幼魚がアマモ場に出現する．成魚はガラモ場でも潜水によって観察された．成魚は単独で遊泳している．

オハグロベラ *Duymaeria flagellifera* (Figs. 3～5)：1～9月にアマモ場に分布する．

ササノハベラ *Pseudolabrus japonicus* (Figs. 3, 4a・b)：潜水観察を行った4～12月にはガラモ場の根岩の間に成魚が多数分布していた．おそらく周年岩場に分布するものと思われる．晩冬から春にかけて幼魚が湾中央部極細砂域，湾奥部細砂域，アマモ場に幼魚がみられる．アマモ場にも成魚は若干分布する．

カサゴ *Sebastiscus marmoratus* (Figs. 3～5)：1～9月にガラモ場，アマモ場に分布する．4～6月に湾中央部から湾奥部の砂底域，アマモ場に個体数は少ないが幼魚が分布する．

モヨ *Sebastes hubbsi* (Figs. 3, 4, 5a・b)：1～9月にアマモ場に分布する．晩冬から春にかけて幼魚がアマモ場に出現する．

メバル *Sebastes inermis* (Figs. 3～6)：周年アマモ場，ガラモ場（潜水観察期間中）に分布する．9月～翌3月にはアマモ場での個体数が減少し，分布域もT

-7だけに限られる．4月に幼魚がアマモ場，ガラモ場に出現する．夜間に湾中央部極細砂域で成魚が時々採集される．

ギンポ *Enedrias neblosus* (Figs. 3, 4a・c)：12月〜翌7月にアマモ場に分布する．幼魚と考えられる全長100mm未満の個体が初夏にアマモ場に出現する．

カズナギ *Zoarchias veneficus* (Figs. 3, 4b・c, 5c)：1〜7月にアマモ場に分布する．

アオタナゴ *Ditrema viridis* (Figs. 3〜5)：12月〜翌9月にアマモ場に分布する．5月に幼魚がアマモ場に出現する．

ゴンズイ *Plotosus anguillaris* (Figs. 3〜6)：周年アマモ場に分布する．2〜4月に個体数が減少する．8月に幼魚が出現する．この時期昼間はアマモ場に分布が集中し，夜間には湾中央部極細砂域にまで分布が拡がっている (Fig. 5a)．

ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli* (Figs. 3〜5)：春から夏にアマモ場に分布する．他の時期にも個体数は少ないながらアマモ場に分布する．

ハナビヌメリ *Callionymus calliste* (Figs. 3, 4a, 5a・b, 6)：周年アマモ場に分布する．個体数は少ない．

イトフエフキ *Lethrinus nematacanthus* (Figs. 5a)：9月にアマモ場に幼魚が出現する．10〜12月にはアマモ場に少ない個体数で分布する．

クロサギ *Gerres oyena* (Fig. 6)：10〜12月にアマモ場に幼魚が出現する．

ヒガンフグ *Fugu pardalis* (Figs. 3〜6)：周年アマモ場に分布する．6月に幼魚がアマモ場に出現する．

アナハゼ *Pseudoblennius percoides* (Figs. 3, 4a・b, 5)：3〜7月にアマモ場に分布する．3月に幼魚が出現する．

アサヒアナハゼ *Pseudoblennius cottoides* (Figs. 3〜6)：周年アマモ場に分布する．秋から冬にかけて出現個体数は減少する．

クジメ *Agrammus agrammus* (Figs. 4, 5)：4〜9月にアマモ場に分布する．ガラモ場の根岩にも分布する．

クダヤガラ *Aulichthys japonicus* (Figs. 3, 4a・b, 5a・b, 6)：周年アマモ場に分布する．個体数は少ない．5月にガラモ場に幼魚が出現する．

アミメハギ *Rudarius ercodes* (Figs. 3〜6)：周年かなりの個体数がアマモ場に分布する．9月にアマモ場に幼魚が出現する．

メジナ *Girella punctata*：潜水観察を行った4〜12月にガラモ場にみられた．

ホンベラ *Halichoeres tenuispinis*：潜水観察を行った4〜12月にガラモ場にみられた．

ウミタナゴ *Ditrema temmincki*：潜水観察を行った4〜12月にガラモ場でみられた．

以上，志々伎湾の底生魚類のうち周年定住種・季節的定住種として69種を選んで各種の分布を季節を考慮に入れて記述した．周年定住種は季節的に分布域が広くなったり狭くなったりしている．季節的定住種は幼魚が湾内のある場所を季節的に成育場として利用する場合と，成魚が産卵などのために季節的に湾内を利用する場合（小池・西脇[4]）がある．どの種がどちらの場合に相当するかは現在得られた資料から判断するのは難しいが，いずれの場合にしても，季節的定住種の湾内における分布は年によって変わらなかった．周年定住種にしても季節的定住種にしても個体数が多い年には隣接域に分布のすそが拡がり，少ない年には分布域が狭くなっているにもかかわらず，分布の中心場所は変化しなかった．したがって，志々伎湾では周年定住種・季節的定住種の分布は，年による個体数の変動にかかわらず，季節的にほぼ決まっているといえる．

各々の種は生物群集の中で他種と何らかの関係を持ちながら生息しており，分布が季節的に決まっているということは，生物群集の中で各種の niche space を知ろうとする上で重要な基礎になると考えられる．言い換えれば，ある種が群集内で生息しうる量を把握するための基礎となるはずである．その意味で各種の分布を規定している要因を分析することは重要である．各種の分布状態から推察すれば分布の規定要因として，(1)餌生物との関係，(2)近縁種以外の同位種との関係，(3)近縁種との関係，(4)物理的環境との関係，の4つが考えられる．以下，それぞれの関係について述べる．

1) 餌生物との関係：昼間には分布域がある場所に集中し，夜間には拡がる種がみられたが，これは最首・小島[8]の言う，摂餌に関係した昼夜の密度変化と考えられる．つまり昼間の分布は摂餌と密接に関係していると思われる．また昼間と夜間のどちらか一方にし

か採集されない種もみられたが，これらの種も摂食活動を行っている時に採集されたものであろう．したがって彼等の分布も餌生物と関係を持っている．このように昼夜の分布状態の差から湾内の底生魚類の分布が餌生物に影響をうけていることが推察される．この関係は志々伎湾のマダイ幼魚の分布が主食であるヨコエビ類の分布と一致している（畔田他[9]）ことからもうらずけられる．

2） 近縁種以外の同位種（食物要求のよく似た種）との関係：オキヒイラギはサビハゼと種間競合を避けるような分布を示していた．オキヒイラギの食性に関する詳しい知見が未だ得られていないので，この両種が同位種であると断定できないが，分布状態からは十分に推察しうる．松宮他[6]はマダイ幼魚とスジハゼは餌生物がよく似ており，生息空間をずらして競合をさけていると報告している．マダイ幼魚の分布場所が湾奥部細砂域に限られており，スジハゼの分布場所が湾奥部細砂域からアマモ場であることから，スジハゼの分布にマダイ幼魚が影響を与えていると考えられる．

3） 近縁種との関係：志々伎湾では複数の近縁種のグループとしては，ハゼ類（ユカタハゼ・スジハゼ），ネズッポ類（ホロヌメリ・ヤリヌメリ・ハタタテヌメリ・ネズミゴチ），カナガシラ類（未同定数種・トゲカナガシラ），トラギス類（トラギス・クラカケギス），ダルマガレイ類（ヒメダルマ・ダルマガレイ），タイ類（マダイ・チダイ），ウミタナゴ類（アオタナゴ・ウミタナゴ），アナゴ類（マアナゴ・クロアナゴ），アナハゼ類（アナハゼ・アサヒアナハゼ），カサゴ類（カサゴ・モヨ）が挙げられる．これらの近縁種間の分布状態はユカタハゼとスジハゼ，アオタナゴとウミタナゴのように全く分布域が分離しているものと，その他のように，分布域が重なったり，また重なりながらも分布の中心がずれたりしているものとがある．近縁種間の関係については吉田[10]，菊池[11]に詳しく論じられているが未解決の問題を多く含んでいる．しかし湾内で分布の中心がずれている場合が多いことから，餌生物を介して近縁種は互いの分布域あるいは個体数に何らかの影響を与えていると思われる．

4） 物理的環境との関係：内湾は複雑な構造のもとで微妙なバランスをとり，そのバランスが休むことなく変化し変動し姿を変えてゆく（国司・宇野木[12]）と言われている．また田中[13]は，そのような湾の環境構造は“安定的”に存在しているのではないか，と主張している．志々伎湾の物理的環境構造の1年における変化に安定性あるいは規則性があるとするならば，そのことと底生魚類の季節的な分布の規則性とが関係を持っているということは十分考えられる．一方，コモチジャコ・ハタタテヌメリは志々伎湾では湾中央部極細砂域に分布していた．南他[14]によれば，両種は若狭湾由良川沖では $Md\phi$ 4〜6の砂泥域に分布している．両海域とも両種が分布する場所は，粒度の絶対値は異なっているが，湾の中で粒度の最も細かい所であり物理的環境としては類似点を持っている．このことは両種の湾内における分布がある程度物理的環境に規定されていることを示している．

以上，志々伎湾の底生魚類の分布を規定している要因について得られた資料から分析した．餌生物との関係については大森[15]が，近縁種以外の同位種関係については今林他[16]が，近縁種については最首[17]が，そして物理的環境との関係については大森[18]，山下[19]等の報告があるのでどの要因にも正当性がある．ただ，これら4つの要因が，どの種にも等しく作用しているとは考え難く，おそらく種によって異なっていると思われる．しかし4つの要因のうち餌生物との関係がかなめになるだろう．なぜならば同位種・近縁種との関係も餌生物がからんでいるからである．物理的環境との関係を明らかにすることは摂餌しうる場所の広がりを把握するということで重要である．したがって，ある種の群集内での niche space を把握するためには，生息しうる物理的環境のもとで生態学的に横の関係（同位種・近縁種との関係）の影響も考えに入れた食うものと食われれるものとの関係を量的に把握することが今後の課題と考えられる．

2. 底生魚類群集の区分

底びき網・吾智網・潜水観察の調査域は底質・植生の違いからいくつかに分けられた．季節的に各種の分布がほぼ決まっているということにより，底質環境（植生も含む）の側からみれば各環境には専在種・偏在種・優占種（可児[20]）とでもいうべきものが存在している．すなわち各環境の上に分布している底生魚類の種組成という点を重視すれば志々伎湾の底生魚類群集は，湾口部細砂域群集，湾中央部極細砂域群集，湾奥部細砂域群集，アマモ場群集，ガラモ場群集の5つに

区分される.

底びき網・吾智網の調査域について各群集を代表する種を各期間別にごく大ざっぱにみると以下のようになる. なお G-8 は湾中央部に位置しているが, 魚種組成からみた場合, 湾奥部細砂域に含めた方がよいと思われるのでそのようにして取り扱った.

1) **1～3月** (Figs. 3, 7); 湾口部細砂域 (T-1～3, G-9～11): トゲカナガシラ, ニラミハゼ, ホロヌメリ, ヒメダルマ, ヨメゴチ, オニゴチ, ヤリヌメリ. 湾中央部極細砂域 (T-4, G-4・6・7): ユカタハゼ, オキヒイラギ. 湾奥部細砂域 (T-5, G-1～3・5・8): チダイ幼魚, マダイ越冬群 (当歳魚), スジハゼ (夜間). アマモ場 (T-6～8): サビハゼ, ニクハゼ, スジハゼ (昼間), ハオコゼ, キヌバリ, オハグロベラ, カサゴ, メバル, ギンポ, カズナギ, ヨウジウオ, ハナビヌメリ, ヒガンフグ, モヨ, アナハゼ, アサヒアナハゼ, アミメハギ.

2) **4～6月** (Figs. 4, 8); 湾口部細砂域: ホロヌメリ, ヤリヌメリ, カナガシラ類, オニゴチ, ヨメゴチ, ヤセオコゼ, ヒメダルマ, ユメアラメガレイ, ニラミハゼ, 湾中央部極細砂域: ユカタハゼ, タマガンゾウビラメ, コモチジャコ, ハタタテヌメリ. 湾奥部細砂域: マダイ幼魚, チダイ幼魚, サビハゼ, スジハゼ(夜間). アマモ場: スジハゼ(昼間), ニクハゼ, ハオコゼ, キヌバリ, オハグロベラ, カサゴ, ギンポ, アオタナゴ, ゴンズイ, メバル, ヨウジウオ, ハナビヌメリ, ヒガンフグ, モヨ, アナハゼ, アサヒアナハゼ, クジメ, アミメハギ.

3) **7～9月** (Figs. 5, 9); 湾口部細砂域: オニゴチ, イトベラ, ヤセオコゼ, ヒメダルマ. 湾中央部極細砂域: ユカタハゼ, タマガンゾウビラメ, コモチジャコ. 湾奥部細砂域: マダイ幼魚, チダイ幼魚. アマモ場: サビハゼ, スジハゼ (昼間), トカゲゴチ (昼間), ハオコゼ, オハグロベラ, カサゴ, アオタナゴ, ゴンズイ (昼間), メバル, ヨウジウオ, ハナビヌメリ, イトフエフキ, ヒガンフグ, モヨ, アナハゼ, アサヒアナハゼ, クジメ, アミメハギ.

4) **10～12月** (Figs. 6, 10); 湾口部細砂域: オニゴチ, トラギス幼魚, ヤリヌメリ, ヨメゴチ, タマガシラ幼魚, トゲカナガシラ, ヤセオコゼ, 湾中央部極細砂域: ユカタハゼ, 湾奥部細砂域: マダイ越冬群 (当歳魚), スジハゼ (夜間), アマモ場: スジハゼ (昼間), トカゲゴチ (昼間), テンジクダイ (昼間), ニクハゼ, ハオコゼ, ゴンズイ, メバル, ハナビヌメリ, ヒガンフグ, アサヒアナハゼ, クロサギ幼魚, クダヤガラ, アミメハギ.

ガラモ場の代表種としては, ササノハベラ, ウミタナゴ, ホンベラ, メジナが挙げられる.

一方, 各種の分布をみると, どの季節をとってみても, 分布の狭い種と広い種があり魚類群集の区分と底質環境の区分とがぴったり一致しているとはいい難い. このことは水生昆虫で可児[20]がすでに指摘していることが底生魚類にもあてはまる. そして, このことから生物群集の境界とその実体のとらえ方に関して今までに様々な議論がなされてきている. 西村[21]は生物群集のとらえ方として「生物相互間の関係を重視する立場」と,「群集の生活が成り立っている基盤としての空間的な拡がりおよびそこで展開される群集のすがた (相観, physiognomy) を重視する立場」のふたつを指摘し,「研究の対象のちがい・尺度のとりかた・目的の相違などに応じて, さまざまなとらえかたの区別が生じてくる」としている. 志々伎湾の底生魚類群集の区分を考えるにあたり, 各種の群集内での niche space を把握するという観点から後者の立場をとりたいと思う.

生物群集の中で, ある種の niche space を考える場合, その種が属している群集の構造が問題となる. すなわちある種の分布域が2種類以上の底質環境にまたがる場合, 環境によって餌生物や競合相手も変わり, niche space も微妙に変化をうけると考えられる. 例えば, 志々伎湾のスジハゼは, 松宮他[6]によれば, 湾奥部細砂域に分布するものとアマモ場に分布するものとでは胃内容物が異なっているという. Figs. 3～6 に示すように混在する魚種も両水域では異なっている. したがってスジハゼの niche space は湾奥部細砂域とアマモ場では異なっていると考えられる. 福岡県福岡水産試験場[22]の報告によれば九州西海域のマダイ幼魚は内湾だけでなく外洋域の沿岸にも生息しており, 主要な餌生物も混在する魚種も様々であり, また水域によって生息する個体数も相違しているという. このことはある底質環境の上に成り立っている生物群集の構造がマダイ幼魚の niche space を微妙に変化させていることを示している. したがって魚種組成に重点をおいて, 底質環境の区分と対応させて底生

魚類群集を区分することは，各種の群集内での niche space を把握するためにきわめて重要である．そういう意味で，西村[21]の言う2つの群集のとらえ方のうち後者の立場をとった．

要 約

志々伎湾における底生魚類群集に関して，主要種（周年定住種・季節的定住種）の分布の特徴と，群集の区分について以下の結果を得た．

1. 底びき網・吾智網・潜水観察によって採集・観察された底生魚類のうち，周年定住種・季節的定住種として69種を選んで，各種について分布を明らかにした．各種の分布は季節的にほぼ決まっていることがわかった．年によって個体数の変動があっても分布の中心場所は変化しなかった．各種の分布の状態からみて，それが規定されている要因として，(1)餌生物との関係，(2)近縁種以外の同位種との関係，(3)近縁種との関係，(4)物理的環境との関係，の4つが作用していると考えられる．
2. 底びき網・吾智網・潜水観察の調査域は底質・植生によって5つに区分された．そしてそれぞれの場所は専在種・偏在種・優占種となる底生魚類を持ち，魚種組成に重点をおいて考えれば志々伎湾には底質・植生の区分と対応して，(1)湾口部細砂域群集，(2)湾中央部極細砂域群集，(3)湾奥部細砂域群集，(4)湾奥部アマモ場群集，(5)ガラモ場群集，の5つの底生魚類群集が認められる．そして，底生魚類群集のこのような区分を各種の群集内での niche space を把握するという点から考察を加えた．

文 献

1）最首光三 1978：ポピュレーションと種苗放流．増殖技術の基礎と理論—その発展の糸口として．水産学シリーズ23（日本水産学会編），20-31，恒星社厚生閣，東京．

2）松原喜代松 1955：魚類の形態と検索Ⅰ・Ⅱ，1605pp.，石崎書店，東京．

3）木曽克裕 1980：平戸島志々伎湾の海底地形と海底堆積物の特徴．西水研研報，(54)，

4）小池啓一・西脇三郎 1977：伊豆半島下田湾および鍋田湾アマモ場の魚類相の季節的変化．魚類学雑誌，**24**(3)，182-192.

5）畔田正格・池本麗子・東 幹夫 1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の日周期活動．西水研研報，(54)，279-289.

6）松宮義晴・村上 司・鈴木庸行・岡 正雄 1980：志々伎湾におけるサビハゼとスジハゼの分布および食性．西水研研報，(54)，321-331.

7）松宮義晴・木下 泉・岡 正雄 1980：志々伎湾における魚食性底魚類の胃内容物調査．西水研研報，(54)，333-342.

8）最首光三・小島喜久雄 1960：東海・黄海における底棲魚類の生態—Ⅰ．垂直移動について．西水研研報，(19)，1—24.

9）畔田正格・池本麗子・東 幹夫 1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278.

10）吉田敏治 1967：生存競争．グローバル・シリーズ，199 pp.，古今書院，東京．

11）菊池泰二 1974：動物の種間関係．生態学講座13，130 pp.，共立出版，東京．

12）国司秀明・宇野木早苗 1977：内湾の海況．海洋環境の科学（堀部純男編），49-91，東京大学出版会，東京．

13）田中 克 1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当歳魚の生産をめぐる問題点．漁業資源研究会議報，(20)，77-102.

14）南 卓志・中坊徹次・魚住雄二・清野精次 1977：若狭湾由良川沖の底生魚類相．昭和50年度京都府水産試験場報告，74-100.

15）大森迪夫 1974：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究—Ⅰ．マコガレイの食性と分布について．日水誌，**40**(11)，1115-1126.

16) 今林博道・花岡　資・矢野　実　1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態－I．他魚種との関係．南西水研研報，(8)，101-111.
17) 最首光三　1963：黄海・東シナ海における底棲魚類の空間占拠関係，西水研研報，(26)，1-164.
18) 大森迪夫　1979：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究－Ⅲ．環境条件の異なる海域間の魚類相の比較．西水研研報，(52)，91-129.
19) 山下秀夫　1971：東シナ海・黄海の底魚の分布について，西水研研報，(40)，1-66.
20) 可児藤吉　1944：渓流棲昆虫の生態．日本生物誌，4，昆虫（上），171-317，研究社.
21) 西村三郎　1972：海洋における生物群集の構造・分布・維持．海の生態学．生態学研究シリーズ 3（沼田　真監修），187-295，築地書館，東京.
22) 福岡県福岡水産試験場　1973：幼魚生態．東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書（昭和47年），A，九州西海域篇（共通調査魚種マダイ），33-50，西日本海域栽培漁業事業化推進協議会.

志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究-I. 浮遊生活期仔稚魚の水平分布

田中　克

The Ecological Studies on the Larvae and Juveniles of the Red Sea Bream in Shijiki Bay-I. The Horizontal Distribution of the Pelagic Larvae and Juveniles in and outside the Bay

Masaru TANAKA

In 1975, the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory initiated the ecological studies on the early stages of the red sea bream, *Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL), to clarify the recruitment mechanisms. This project was carried out in Shijiki Bay located in Hirado Island, Nagasaki Prefecture, between 1975 and 1977. As a part of this project, the author examined the abundance of the pelagic larvae and juveniles which influence upon the recruitment of demersal juveniles in the nursery ground. The occurrence and horizontal distribution of pelagic larvae and juveniles are mainly described in this paper.

The collections of pelagic larvae and juveniles were chiefly done by two ordinary larva nets. One is 113 cm in diameter, 400 cm in length, made of 60 mesh bolting cloth (0.345 mm mesh opening), and the other is 130 cm in diameter, 450 cm in length, made of 40 mesh bolting cloth (0.508 mm mesh opening). The modified oblique hauls from the bottom to the surface were made at 17 inside and 15 outside stations, repeatedly at 3 to 7 times in each year. 114 larvae were collected by 217 hauls in 1975, 285 larvae by 159 hauls in 1976 and 631 larvae by 33 hauls in 1977. A major part of the larvae was smaller than 7 mm in total length, and about half of them were found in a range from 3 to 4 mm. The mean total length of all specimens was 4.0 mm.

The larvae began to appear in a small quantity in late March and continued to

昭和55年1月11日受理 (Received January 11, 1980)
西海区水産研究所業績 第373号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 373)

occur at least untill early June. However, the occurrence was restricted mainly to a period from late April to mid May. The abundance remarkably changed in 3 years, and the relative ratio was approximately 1/2/15 for successive years. The water temperature where the larvae were caught revealed a comparative wide range, 14 °C ~20°C, but the range of salinity was usually narrow, 34.4‰~34.6‰. The largest larva was 13.9 mm in total length in the present collections. Using the present results together with the previous findings of other workers, the red sea bream may finish the pelagic stage at 14 to 15 mm in total length.

The red sea bream larvae were found widely and dispersedly in the adjacent waters of the bay. On the other hand, most of them distributed in rather restricted area, close to the mouth of the bay. A few larvae occurred, however, in the central part. In the bottom layers of the bay, only one larva was collected throughout 3 years. The larvae originated from the spawning grounds in the adjacent waters of the island may be transported with the current, and concentrated at the center of the mouth part. The circulated current in the mouth part caused by topographic conditions seems to take an important role in trapping the larvae there. A part of concentrated larvae was then transported with the mean current or exchange of the seawater and appeared in the central part.

The distribution of the larvae in the bay was often closely related to the distribution of the Secchi disk readings. The larval densities conspicuously decreased at the discontinuous zone of the transparency, which usually found in the areas adjacent to Megasaki and Shiomibana. Oceanographic conditions indicated that the bay is mainly divided into 3 parts being consisted of characteristic water masses. The boundaries among them seem to correspond to the above mentioned areas. It is presumed that the arrangement of water mass causes the discontinuous distributions found in both the larvae and transparency.

The pelagic larvae mainly occurred in the mouth part. However, the demersal juveniles chiefly occupied the bottom water of the bay. In Shijiki Bay, the transformation from the pelagic to demersal life of the present species seems to associate with the inshore migration from the mouth toward the bottom water of the bay. Concerning the inshore migration, the diurnal and ontogenetic vertical migration, and the distribution of food organisms the results will be published elsewhere.

個体発生の初期，とりわけ仔魚後期初期における生残りがその年級群のサイズを決定するというHJORT[1,2]の問題提起以来，その仮説をめぐって多くの魚種で様々の角度から検討が加えられ，いくつかのシンポジウムで問題の整理が試みられて来ている[3-6]．中でも，“critical period”の存否が1つの焦点として，論議が展開されている[7,8]．わが国においても資源の変動が著しく，また魚種交替的現象の見られる多獲性浮魚類については，発育初期の生残りやそれと資源変動との関連が詳しく検討されている[9-11]．一方，底魚類では浮魚類ほど資源の年変動が大きく現われないため，発育初期の生残りと資源変動との関連につい

ては，まとまった報告はみられない．しかし，底魚類の多くも小形の分離浮遊卵を多量に産卵することによって，種族を維持するよう適応しており，発生初期の生残りの重要性は浮魚類と本質的には差異がないものと考えられる． 本研究で対象としたマダイの場合にも，幼魚採捕量が年により数倍の範囲で変動する例*にみられるように，底魚類でもその年の発生量や生残りの状態が幼魚量やその後の資源量を左右する主要な要因の1つであり，資源管理の方策を考える上で重要な基礎となるばかりでなく，近年しだいに現実化されつつある資源培養型漁業を正しく発展させる上でも不可避的な課題と考えられる．

西海区水産研究所では1975年〜1977年にマダイ幼稚仔の生残り過程を明らかにする目的で，「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」(通称マダイ特別研究）が実施された．この研究では，マダイが湾内の成育場へ入る以前の段階から，成育場での発育・成長期を経て湾外へ逸散するまでの各発育段階を対象に調査が進められた．筆者はこれらの諸段階のうち，主として浮遊生活段階の仔稚魚期を分担し，その水平的・垂直的分布，食性，湾内への移入過程，底生生活への移行過程および生残りなどについて研究を進め，その一部はすでに中間的に報告してきた[12-14]．この一連の研究は先に述べた“発育初期の生残りがその後の資源にどのように影響するか”を目標にその基礎となるべきマダイ仔稚魚の生態的知見を明らかにするものである．本報ではその第一として，志々伎湾内および周辺海域における浮遊生活期のマダイ仔稚魚の水平分布について報告する．

本研究を進めるに当り，終始御指導と励ましをいただいた西海区水産研究所木部崎　修元所長，林　知夫元所長（現広島大学生物生産学部教授）ならびに上村忠夫前所長（現北海道区水産研究所長）に深謝する．マダイ特別研究の総括責任者を務められた当所底魚資源部伊東祐方前部長（現東海区水産研究所資源部長)，マダイ特別研究志々伎グループの責任者を担当された最首光三前第二研究室長（現日本海区水産研究所資源部長）ならびに畔田正格第二研究室長には本研究への参加の機会を与えていただき，また種々の御援助と御批判をいただいた．当所海洋部青山恒雄前部長（現東京大学海洋研究所教授）ならびに代田昭彦漁場保全研究室長には種々の便宜を図っていただくとともに貴重な御助言をいただいた．また，当所浮魚資源部真子渺部長ならびに安楽正照第二研究室長には本稿を御校閲いただいた．筆者はここにこれらの皆様に心より御礼申し上げる．

本研究は共同研究として，様々の分野の研究者の協力と共同の下に実施されたものであり，「マダイ 特別研究志々伎グループ」のメンバーとして，ともにこの研究を進めた長崎大学教育学部東　幹夫博士，同水産学部松宮義晴氏，京都大学農学部水産学科中坊徹次氏・上田拓史氏（現琉球大学理学部海洋学科)， 当所浜田七郎技官・玉井一寿技官・池本麗子技官・木曽克裕技官（現東北区水産研究所）には直接的にも間接的にも種々の御援助と有益な示唆を与えていただいた．それらの関連諸情報がこの一連の研究をまとめる上で大いに役立ったことを記して深謝の意を表する．

困難な海上調査や研究室での魚卵・仔稚魚の選別には長崎大学水産学部の岸川康幸・今村秀明・遠藤義文・桑原賢也・村上　司・木下　泉・鈴木庸行・柴崎賀広氏，京都大学農学部水産学科の広田佑一氏，東京水産大学 増殖学科の 坂本 安之・斉藤 徹夫・河村哲次氏（いずれも当時） をはじめ 多くの諸氏の手を煩せた．また，当所川端一行氏には面倒な選別作業を長期にわたって分担していただいた．本報告はこれら多くの方々の協力とたゆまぬ努力の上にまとめられたことを記して感謝の気持としたい．

最後に，現地調査を進める上で種々の便宜を計っていただいた長崎県平戸市志々伎漁業協同組合前組合長栗山重大氏，同現組合長浦辺三十郎氏，調査船の操船にあたられた福田福重氏ならびに種々の御協力をいただいた栗山千穂子氏に厚く御礼申し上げる．

材料および方法

浮遊生活期のマダイ仔稚魚の生態の調査を実施した水域は，長崎県平戸島南端に位置する志々伎湾およびその周辺水域である（Fig. 1）． 浮遊生活期のマダイ仔稚魚の採集は1975年4月23日〜6月8日，1976年3

＊角　健造：昭和53年度日本水産学会九州支部講演討論会口頭発表．

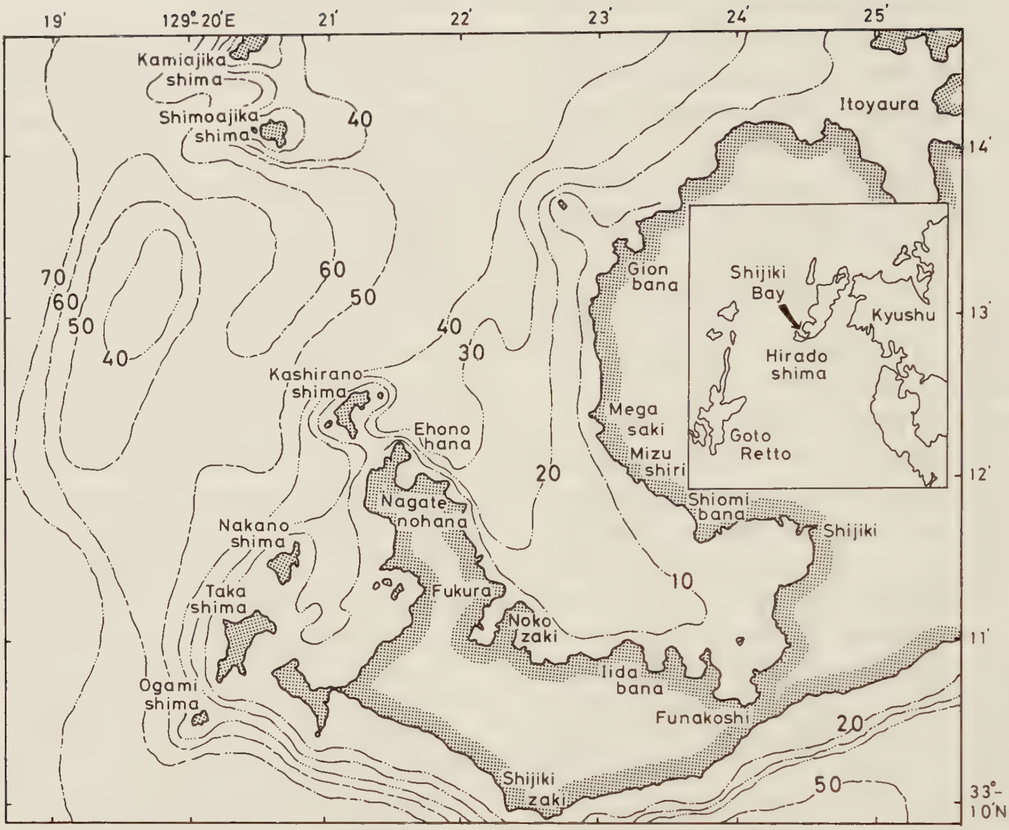


Fig. 1. 志々伎湾の位置および水深
The location and the water-depth distribution of Shijiki Bay.

月21日～6月6日，1977年4月19日～5月24日に，主として口径113および130cmの稚魚網を用いて湾内17定点，湾外15定点を中心に実施した（Fig. 2）．採集方法は主として傾斜階段びきによったが，垂直分布状態を知る目的で層別の水平びきも実施した．調査の内容は湾内定点調査，湾外定点調査，湾内指標点調査，垂直分布調査および日周期垂直移動調査を重点としたが，スレッジネットや桁網型稚魚ネットによる近底層の稚魚採集も試みた．マダイ仔稚魚採集調査の概要はTable 1にまとめたとおりである．3年間のえい網回数は総計889回であった．本報告ではこれらの調査のうち，湾内定点調査，湾外定点調査および湾内指標点調査の結果を中心に，浮遊生活期のマダイ仔稚魚の水平的な分布について述べる．

マダイ仔稚魚の水平分布を知る目的で実施した湾内17点および湾外15点での定点調査では，斜めびきでは水深が浅いため十分なろ水量が得られないので，傾斜階段びきにより採集を行った．この方法は2～2.5ノットで船を前進させながら船尾より水深の3倍の長さのえい網ロープを繰り出し，えい網ロープ先端に取り着けたレッド（25kg）が着底後，約1.5ノットで底層（2分間）—巻き上げ—中層（2分間）—巻き上げ—表層（2分間）と順次えい網する方法である．魚卵・仔稚魚の採集には，SMITH *et al.*[15] にしたがい，ポリエチレンモノフィラメント製の網地（通称パイレン）で作成した円筒円錐形の稚魚網を用いた．1975年は口径113cm（断面積約1.0m²）・側長400cm・パイレン60目（平均目幅0.345mm）の稚魚網を，1977年は口径130cm（断面積約1.3m²）・側長450cm・パイレン40目（平均目幅0.508mm）の稚魚網を使用し，1976年は両

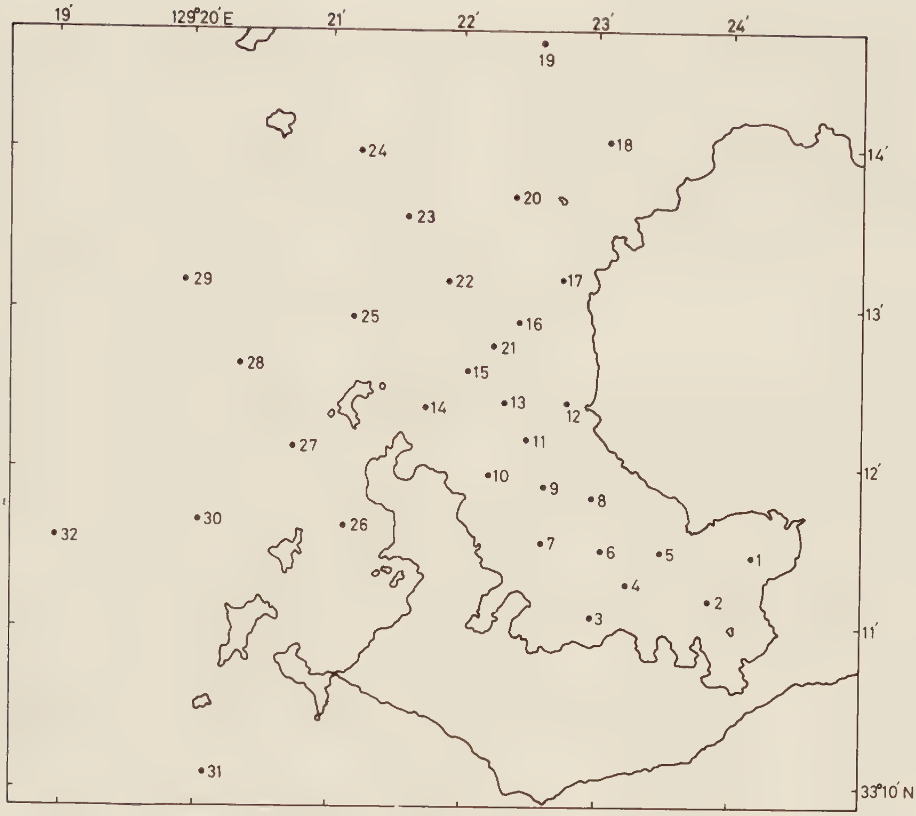


Fig. 2. 稚魚網による浮遊生活期マダイ仔稚魚の採集定点
The stations collcected the pelagic larval red sea bream by the larva net.

Table 1. 志々伎湾および周辺海域におけるマダイ仔稚魚採集データ
Details on the collections of the larval red sea bream in and outside Shijiki Bay.

Sampling date	Sampling stations	Larva net used	Method of tow**	Number of tow	Kinds of sampling
1975 Apr. 23	1,6	113-0.35-400*,80-0.35-320	SOH, BHH	2	Test of tow
24	6,15	113-0.35-400,80-0.35-320	SOH, SHH, BHH	6	Test of tow
25	1,6,15,18-32	113-0.35-400	SOH, SHH, BHH	21	Sampling at outside stations (SOS)
					Sampling at 3 representative stations (SRS)
26	1,6,15	113-0.35-400	SOH	3	SRS
27	1,6,15	〃	SOH	4	SRS
28	1,6,15	〃	SOH	3	SRS
May 1	1—17	〃	SOH	17	Sampling at inside station (SIS)
2	1,6,15	〃	SOH	9	SRS
3	1,6,15	〃	SOH	6	SRS
7	1—17	〃	SOH	17	SIS
8	18—30	〃	SOH	13	SOS
9	2,6,9	Sledge net	BHH	3	Test of tow
13	1—17	113-0.35-400	SOH	16	SIS
15	1,6,15,1-9	113-0.35-400,113-1.24-570	SOH, BHH	12	SRS, Test of high speed tow
16	1,6,15	113-0.35-400	SOH	3	SRS

Table 1. つづき (continued)

24	1,6,15,18-32	〃	SOH	17	SOS, SRS
25	1—17	〃	SOH	17	SIS
28	1—16	113-0.35-400, 113-1.24-570	SOH, BHH	12	Test of night-tow
June 6	1,6,15,18-32	113-0.35-400	SOH	15	SOS, SRS
7	1—17	〃	SOH	20	SIS
8	1—16	Sledge net	BHH	5	Test of night-tow
1976 Mar. 21	1—16	113-0.35-400	SOH	14	SIS
	6,15	〃	SHH, MHH, BHH	12	Sampling of vertical distribution at Stn. 6 and 15 (SVD)
22	6,15	〃	SHH, MHH, BHH	12	SVD
	18—32	〃	SOH	10	SOS
Apr. 5	18—32	〃	SOH	10	SOS
	6,15	〃	SHH, MHH, BHH	12	SVD
6	6,15	〃	SHH, MHH, BHH	12	SVD
	1—16	〃	SOH	14	SIS
14	1—16	〃	SOH	14	SIS
15	13—32	〃	SOH	10	SOS
	6,15	130-0.51-450	SHH, MHH, BHH	12	SVD
16	6,15	130-0.51-450	SHH, MHH, BHH	12	SVD
	4,6,7,15	Beam-trawl type larva net	BHH		Test of tow
26	1—16	130-0.51-450	SOH	12	SIS
27	6,15	〃	SHH, MHH, BHH	13	SVD
	18—32	〃	SOH	10	SOS
	6,15	〃	SHH, MHH, BHH	9	SVD
28	2,15	Beam-trawl type larva net	SHH, BHH	10	Sampling for juveniles (SFJ)
May 10	6,12,15	〃	SHH, BHH	8	SFJ
11	6,15	130-0.51-450	SHH, MHH, BHH	12	SVD
	1—16	〃	SOH	11	SIS
14	18—32	113-0.35-400	SOH	10	SOS
23	6,15	〃	SHH, MHH, BHH	12	SVD
	1—16	〃	SOH	12	SIS
	4,6,12,15	Beam-trawl type larva net	SHH, BHH	8	SFJ
25	18—32	113-0.35-400	SOH	10	SOS
June 2	2—15	Beam-trawl type larva net	SHH, BHH	12	SFJ
4	18—32	130-0.51-450	SOH	10	SOS
5	1—16	〃	SOH	12	SIS
6	6,15	Bean-trawl type larva net	BHH	4	SFJ
1977 Apr. 19	4,5	130-0.51-450	SOH	2	Test of tow
20	1—16	〃	SOH	11	SIS
	15	〃	SOH	5	Repeated sampling for stepwise-oblique haul
21	15	〃	SHH, MHH, BHH	15	Sampling of day-time vertical distribution
27	10—16	〃	SOH	4	SIS
29	1—10	〃	SOH	8	SIS
29—30	15	〃	SHH, MHH, BHH	34	Sampling for diurnal vertical migration
May 2	2—15	Beam trawl type larva net	SHH, BHH	12	SFJ
9—10	15	130-0.51-450	SHH, MHH, BHH	45	Sampling for diurnal vertical migration
11	1—16	〃	SOH	13	SIS
	2—15	Beam trawl type larva net	SHH, BHH	12	SFJ
24	5,6	〃	BHH	2	SFJ

* This type of net is 113cm in diameter, 0.35mm in mesh opening and 400cm in length. Others are shown in a same manner.
** Methods of tow are shown in following abbreviations; SOH: modified (stepwise) oblique haul, SHH: surface-layer horizontal haul, MHH: middle-layer horizontal haul, BHH: bottom-layer horizontal haul.

者を併用した．これら2種のネットは SMITH *et al.*[15] の基準より円筒部を100〜150cm切断して，船上で取り扱い易くしたものである．

稚魚網には流量計を装着し，その読み取り値より毎回のろ水量を求め，単位ろ水量（1000㎥）当りの採集尾数を計算した．1網当りのろ水量は通常300〜400㎥程度であった．採集した魚卵・仔稚魚を含むプランクトンサンプルは10%ホルマリン液で保存した．それらのプランクトンサンプルは研究室に持ち帰った後，魚卵と仔稚魚を選別した．魚卵・仔稚魚採集時には表層と底層（1975年のみ）の塩分・水温の測定，および透明度の測定を行った．無機環境諸要素については，仔稚魚採集時の観測結果の他に，毎月1回湾内22定点において実施した海洋観測[16]の結果も一部参考にした．

結　　果

1．志々伎湾の環境特性の概要

志々伎湾は Fig. 1 に示すように五島灘の最北部の中央域まで延びた平戸島の南端に位置し，開口部約2 km，奥行き約5 kmで，北西方向に開いた比較的単純な形状の小湾である．水深は湾外の周辺海域では50〜60 mを超えるが，湾口部では30〜35 mで，湾内では等深線はやや西岸側に偏しながらゆるやかに変化している．湾奥部には水深10 m以浅の水域が拡がり，7〜8 m以浅の砂底域には随所にアマモ *Zostera marina* の濃密な藻場が形成されている．海岸線はほぼ岩礁性海岸で形成され，両岸，とりわけ東岸寄りの海底には岩礁帯の発達が顕著である．これらの岩礁帯を除き，湾内の海底はほぼ全域砂質堆積物（中砂〜極細砂）で構成されているが，湾口部から湾外へ向かって堆積物は粗粒化し，極粗砂から細礫帯の拡がりがみられる[17]．

干満の差はかなり大きく，大潮時には最大3 m近くに達する．湾外では志々伎湾口部を横切る方向，すなわち，上げ潮時には北東方向，下げ潮時には南西方向の潮流が発達している[18]．とくに春季には下げ潮時の南下流が卓越し，湾外定点採集時にはしばしば南西方向への強流が観測された．

Fig. 3 には毎月1回実施された定期海洋観測結果を

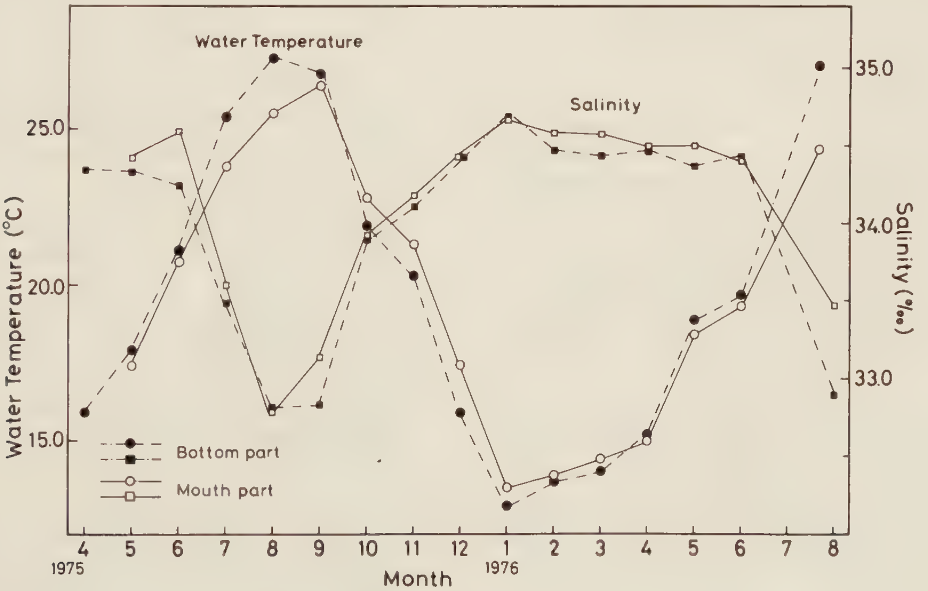


Fig. 3. 水温および塩分の季節変化（鉛直積算平均値）
Seasonal changes in water temperature and salinity at the mouth and bottom part of the bay. Each point shows a mean integrated value of vertical profile.

もとに，水温・塩分の季節変化を湾口部（7定点の平均値）と湾奥部（5定点の平均値）別に示した．浮遊生活期のマダイ仔稚魚の採集を実施した3月下旬〜6月上旬は湾奥部の水温が湾口部の水温より高くなり始め， その差が少しづつ大きくなる時期に相当している．しかし，その差は6月でも0.5℃以下とかなり小さい．塩分は水温とは逆に夏季に低く冬季に高い季節変化を示している．マダイの浮遊生活期仔稚魚の採集を実施した春季は冬季に続く高塩分期で，塩分は通常34.4〜34.6‰であった．また，湾口部と湾奥部の塩分の差はこの時期にはかなり小さく，表層においてもその差は通常0.2‰以下を示した． 水塩・塩分の鉛直的な差は夏季にはやや大きくなるが，マダイ仔稚魚の出現する4〜5月には小さく，この時期には躍層の存在は認められない．

以上のように水温や塩分の傾斜は水平的にも鉛直的にもかなり小さいが，透明度にはしばしば顕著な水平傾斜が認められた．Fig. 4は3年間のマダイ仔稚魚採

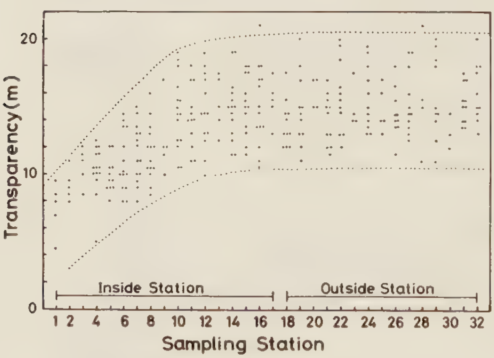


Fig. 4. 稚魚網採集時における透明度（1975〜1977年）
The transparency measured at the time of sampling by the larva net (from 1975 to 1977).

集時に観測した透明度を定点別に示したものである．湾口部から湾外では透明度は10〜20mとかなり高い値を示しているのに対し，湾奥部では4〜10mと湾口から湾外域の½程度の値となっている．後にマダイ仔稚魚の分布との関連で述べるように，透明度の水平傾斜は連続的である場合より，ある特定の水域を境界に不連続的変化を示す場合が多い．透明度が顕著に変化する水域は通常女鹿崎〜長手ノ鼻周辺水域および潮見鼻〜飯田鼻周辺水域である．このような透明度の不連続的変化帯の存在は湾内における流れの状態や水塊配置と密接に関連したものと考えられる．

以上のように志々伎湾はその立地条件を反映して，塩分や透明度が高く，湾の形状から予想されるよりははるかに内湾的要素が少なく，全体としては外海水の影響が強い湾と位置付けることができる．

2. '75年春季におけるマダイ仔稚魚の分布状態

1975年には稚魚網によるマダイ仔稚魚の採集は217回実施し，採集された浮遊生活期のマダイ仔稚魚は計114尾（全長2.7〜13.9㎜）であった．1975年は調査を実施した3年間では最も分布密度の低い年で，最大採集尾数は 5月2日の Stn. 15における 1網当り 10尾（1000㎥当り32.4尾）であった．各採集日ごとおよびすべての採集を平均した結果を透明度の分布状態と併せて Fig. 5に示した．

4月25日と5月1日の調査（Fig. 5a）では湾内21尾，湾外10尾，計31尾のマダイ仔稚魚が採集された．湾外定点では採集尾数も出現定点数も少なく，一定の分布パターンは認められないが，湾内定点では湾口部に分布が集中しており，湾中央部ではわずかに分布がみられるものの，湾奥部では全く採集されていない．

5月7日と8日の調査（Fig. 5b）では採集尾数は少なく，湾外では3尾，湾内では6尾，合計9尾採集されたに過ぎない．採集尾数が少ないためマダイ仔稚魚の分布パターンは明瞭ではないが，透明度15m以上の湾口部に多く分布する傾向がみられる．

5月13日の調査（Fig. 5c）は，荒天のため湾内定点調査のみで，湾口部の定点において合計6尾採集された．

5月24日と25日の調査（Fig. 5d）では，湾外定点では 6尾採集されたが， 湾内定点では透明度18mの Stn. 13で1尾採集されたのみであった．

6月6日と7日の調査（Fig. 5e）では，湾外の定点で5尾と湾口部の透明度14m以上の Stn. 13〜17の各定点で各々1尾づつ採集された．

1975年にはほぼ10日間隔で実施した湾内定点調査を補完するため，湾口部・湾中央部・湾奥部を指標する定点をそれぞれ Stn. 15・6・1で代表し，4月23日から6月8日の47日間に16日にわたり計19回の3指標点調査を実施した（Table 2）．マダイ仔稚魚の出現

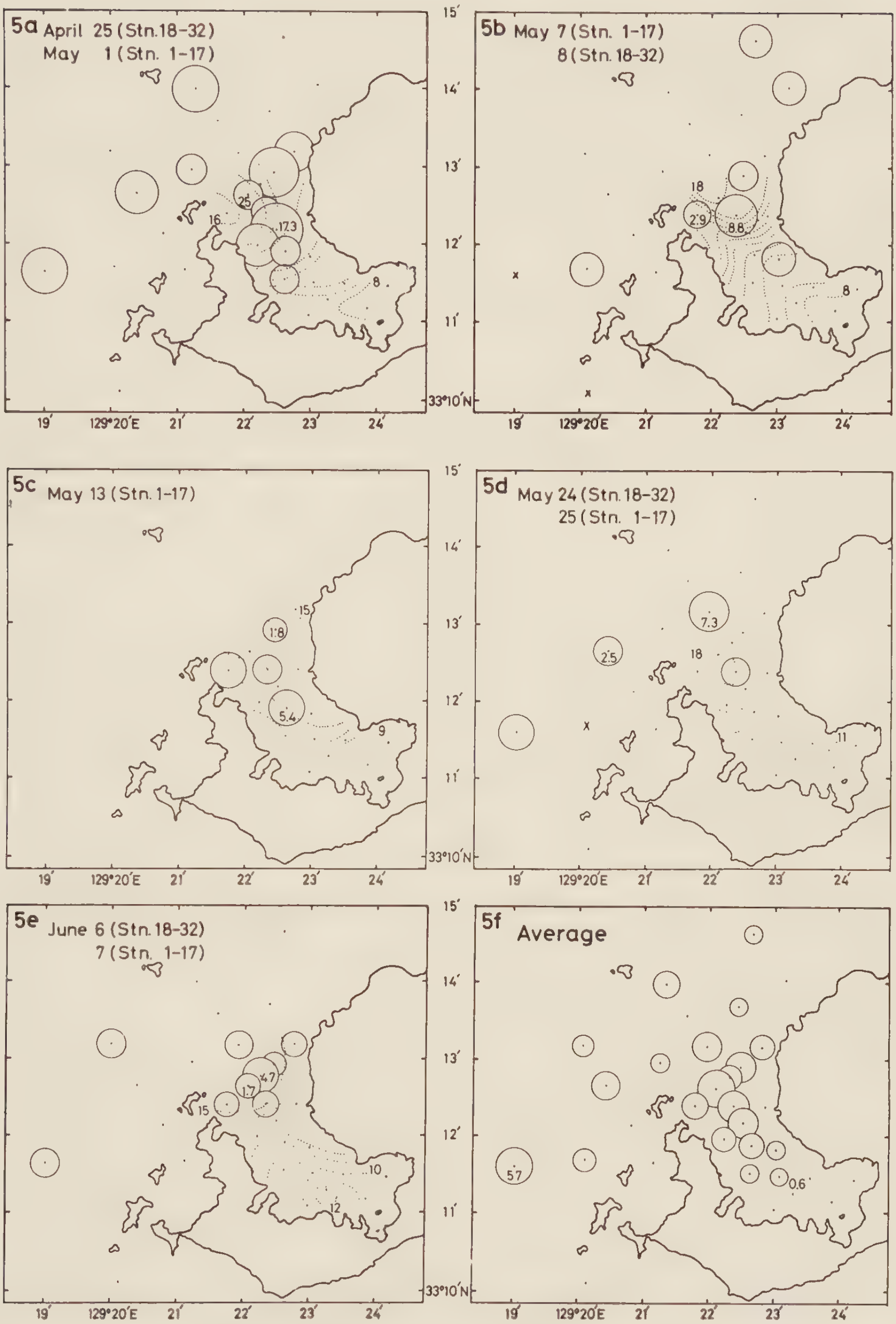


Fig. 5. 1975年春季におけるマダイ仔稚魚の出現状況
出現量はローマン法により表示　円内の数値はろ水量1000m³当りの最大と最小の出現量を，点線は透明度の分布を示す
The occurrence of the larval red sea bream in 1975. Each circle is shown using LOHMAN's method. The number in the circle shows the maximum or minimum number of individuals per 1000 m^3 of sea water, and the dotted line indicates the distribution of transparency.

Table 2. 湾内指標３定点における傾斜階段びきによる採集結果（1975年）
各数値はろ水量1000㎥当りの個体数を示す
The results of collections made by modified (stepwise) oblique hauls at 3 representative stations in 1975. Each number shows individuals per 1000m³ of sea water.

	Stn. 15 (mouth part)			Stn. 6 (central part)			Stn. 1 (bottom part)		
	P. major	Fish larvae	Fish eggs	*P. major*	Fish larvae	Fish eggs	*P. major*	Fish larvae	Fish eggs
Apr. 24	0	128	266	0	11	195	0	27	70
25	0*	19	409	0*	0	282	0*	0	107
	3.5**	238	305	0**	64	64	0**	34	142
26	2.4	97	418	0	33	744	0	8	15
27	2.1	84	978	0	58	130	0	13	92
28	4.7	487	794	0	27	441	0	17	84
May 1	2.5	380	1,050	0	133	532	0	82	78
2	32.4**	698	1,718	3.0	84	763	0	80	120
	19.6**	652	1,557	3.3	89	801	0	45	91
3	5.8	302	698	3.2	173	333	0	48	230
	7.4	1,153	1,108	3.1	121	368	0	75	277
7	0	637	2,512	0	76	295	0	40	23
13	0	196	1,111	0	39	238	0	11	149
15	12.0	584	671	0	87	262	0	25	328
16	22.4	737	647	0	44	117	0	3	6
24	0	40	119	0	20	58	0	3	7
25	0	46	134	0	23	7	0	12	8
June 6	0	89	218	0	184	243	0	—	—
7	1.7	411	1,204	0	244	288	0	125	219
average	6.0	367	838	0.8	84	326	0	38	113

The number of fish larvae includes that of *P. major*.
* Surface layer horizontal haul.
** Bottom layer horizontal haul.

はほぼ全期間にわたって認められたが，４月下旬から５月中旬に出現頻度が高く，とくに４月下旬から５月上旬にかけては連日採集された．定点別の出現では湾内定点調査と同様に大部分は湾口部に出現し，湾中央部では５月２～３日に４尾の出現がみられたものの，湾奥部では一尾の出現もみられなかった．マダイ仔稚魚が出現する時期には湾外性の魚卵や仔稚魚が中心で，指標３定点での全魚卵数・全仔稚魚数ともに湾内へ向かって減少し，Stn. 6では両者ともStn. 15の⅓～⅕となっている．

以上のように，浮遊生活期のマダイ仔稚魚は1975年には出現量が少なく，湾外では明瞭な分布パターンはみられないが，湾内水域ではかなり明瞭な傾向が認められる．すなわち，ごく少数尾のマダイ仔稚魚はStn. 6～9の湾中央部水域に出現することもあるが，その大部分はStn. 10～17，とりわけStn. 13～16の湾口部定点に集中して出現する．この水域は通常透明度が13～14m以上を示し，外海水の影響が強い水域であり，マダイ仔稚魚は基本的にはこのような外海水の影響範囲に対応して分布していることが明らかとなった．

3. '76年春季におけるマダイ仔稚魚の分布状態

1975年の調査は，マダイ仔稚魚の出現盛期から後期にかけての採集であったため，1976年には出現初期と推定される３月下旬から調査を開始し，６月上旬までの約２ケ月半の間に320回の採集を試みた．このうち，湾内定点および湾外定点調査では159回の採集を実施し，285尾のマダイ仔稚魚（全長2.4～9.8㎜）が採集された．前年の調査で定点間の距離が近接し過ぎる問題やより短時間に採集を終了する必要が認められたため，湾内定点はStn. 17・13・9・3・2を省略し，12定点で，また湾外定点はStn. 20・23・25・28・30の５定点を省略し，10定点で採集を行った．各採集日

ごとおよびそれらを平均した結果を Fig. 6 に示した.

3月21〜22日の調査（Fig. 6a）では，湾内においてはまだ出現がみられなかったが，湾外ではすでに全長3.1mmの後期仔魚が Stn. 22で採集された．この採集時の表面水温は14.2℃，表層塩分は34.6‰であった．

4月5〜6日の調査（Fig. 6b）では湾外の Stn. 22で全長3.2mmの後期仔魚が1尾，湾内の Stn. 12で1尾（全長3.0mm），Stn. 8で2尾（4.2mm，4.6mm）の後期仔魚が採集された．この調査時も前回に引き続いて湾外に中心を持つ植物プランクトンの春季のブルームがみられ，透明度が14mを示す野子埼と潮見鼻を結ぶ線まで植物プランクトンの高密度分布が認められた．これは外海系の水がこの水域まで入り込んでいることを示しており，マダイ仔魚の分布も相対的に湾内に深く入り込んでいることとよく一致している．しかし，植物プランクトンが多いため稚魚網の目詰りが著しく，ろ水量は通常の⅓〜¼に低下し，実際には湾口部一帯にも広く分布しているマダイ仔稚魚がその分布状態どおりには採集されなかった可能性も考えられる．

4月14〜15日の調査（Fig. 6c）では植物プランクトンの春季のブルームは終り，前回に比較してマダイ仔稚魚の出現量は大幅に増加した．湾外では Stn. 22で

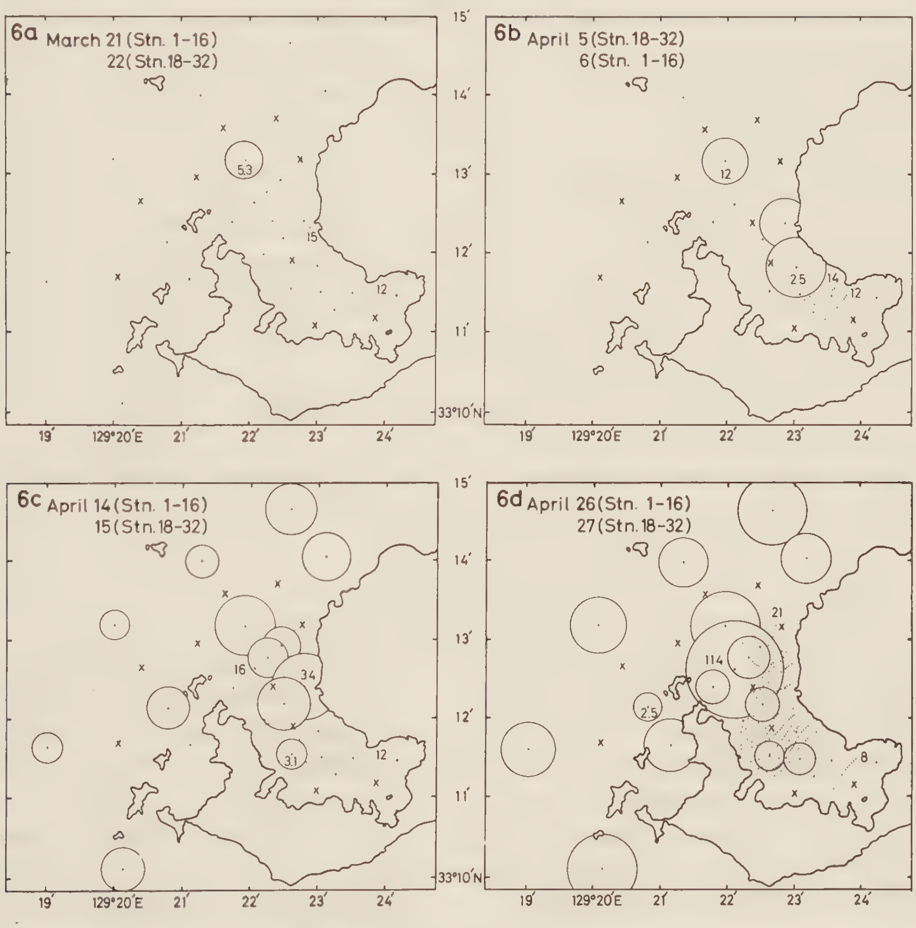


Fig. 6. 1976年春季におけるマダイ仔稚魚の出現状況
出現量はローマン法により表示　円内の数値はろ水量1000㎥当りの最大と最小の出現量を，点線は透明度の分布を示す
The occurrence of the larval red sea bream in 1976. Each circle is shown using LOHMAN's method. The number in the circle shows the maximum or minimum number of individuals per 1000m³ of sea water, and the dotted line indicates the distribution of transparency.

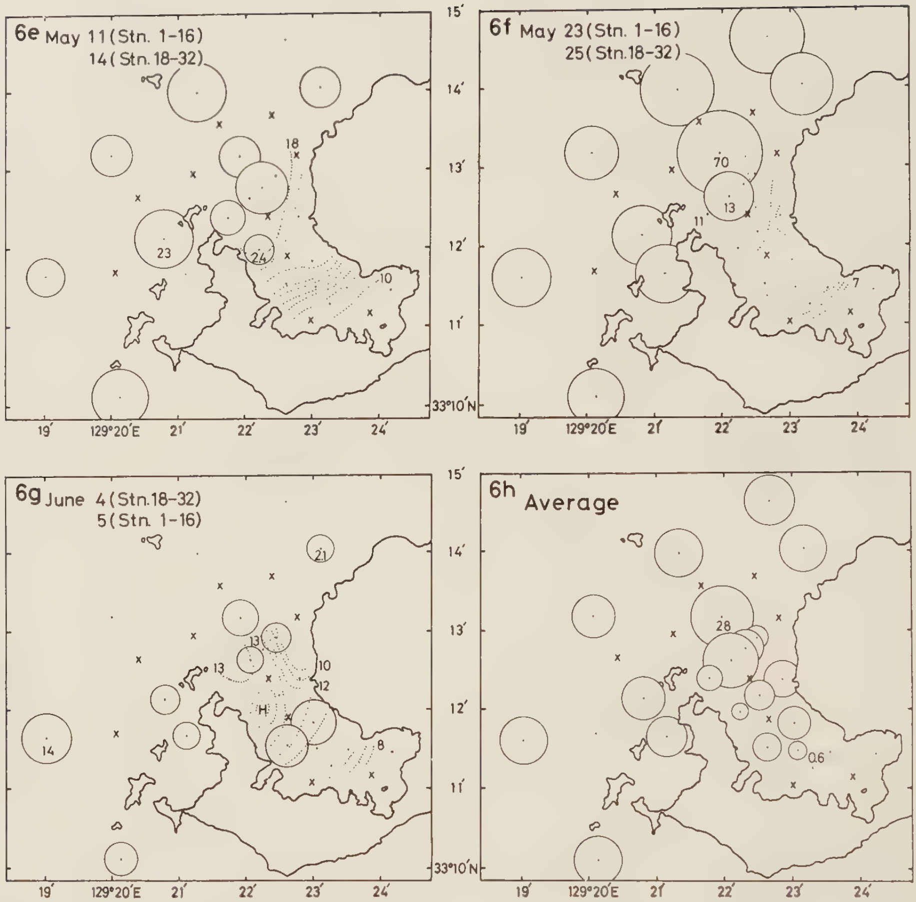


Fig. 6. つづき (Continued)

8尾採集されたのをはじめ，調査したすべての定点で1〜数尾採集された．湾内ではStn. 7においても1尾（全長9.2mm）採集されたが，大部分は透明度15m前後以上の湾口部水域での採集であった．

4月26〜27日の調査（Fig. 6d）では湾内37尾，湾外61尾と最も多量のマダイ仔稚魚が採集された．とくに湾外では採集量が多く，前回の調査と同様にすべての定点でマダイ仔稚魚が採集された．一方，湾内定点での採集量は37尾とかなり多いが，そのうち33尾は湾口中央部のStn. 15で採集されている．一網当り33尾はこれまでの最高値であり，マダイ仔稚魚の集中分布，およびその原因となる環境条件の存在を反映したものと考えられる．湾内調査時には透明度は湾口部の21mから湾奥部の8mまで著しい水平傾斜を示し，とくに女鹿埼沖から湾内に入った水域での変化が著しく，マダイ仔魚の湾中央部の分布も2尾と少なかった．

5月11日と14日の調査（Fig. 6e）では，湾外水域での採集量は前回に比べ減少したが，Stn. 19およびStn. 26以外の定点では1〜7尾のマダイ仔稚魚が採集された．一方，湾内では女鹿埼より内側の水域では透明度の低下が著しく，マダイ仔稚魚は透明度18m以上の湾口部西岸寄りの定点に限定されていた．

5月23日および25日の調査（Fig. 6f）では，湾外定点において91尾のマダイ仔魚が採集された．これらの仔魚は全長2.4mm〜4.9mmの後期仔魚で，ふ化後あまり時間の経過していない仔魚が大部分であった．湾外定

点調査と湾内定点調査では2日のずれがあるものの，湾内では湾外と対照的にマダイ仔稚魚は一尾も採集されなかった．湾内調査時には湾口部でも透明度が11.5mしかなく，外海系水の湾内への入り込みが弱い傾向がみられた．

6月4～5日の調査（Fig. 6g）では湾外定点6尾，湾内定点5尾，計11尾のマダイ仔稚魚が採集された．Stn. 16で採集された稚魚への移行直前の1個体（全長9.8mm）以外はすべて4.5mm以下の後期仔魚ばかりであった．

以上のように1976年春季における浮遊生活期のマダイ仔稚魚の分布パターンは基本的には1975年春季と類似した傾向を示したが，いくつかの点で相違もみられた．最も顕著な相違は，5月23～25日の例にみられるように，湾外定点の採集量が湾内定点のそれに比べてかなり多かった点である．前者の1定点当り平均採集量は11.9尾/1000㎥であったのに対し，Stn. 1～5を除いた後者の値は4.3尾/1000㎥と約⅓であった．さらに，湾内におけるマダイ仔稚魚の分布は，4月26日にStn. 15で33尾採集された例を除くと，比較的分散した分布パターンを示し，分布の明瞭な中心が認められなかった．

4．'77年春季におけるマダイ仔稚魚の分布状態

前2年の調査で当湾周辺海域における浮遊生活期のマダイ仔稚魚の出現期や水平分布に関しての概要が把握できたので，1977年春季には調査の主体を垂直分布の把握に置き，水平分布調査は4月中旬～5月上旬の約1ケ月間に湾内11定点において3次の調査を実施するにとどめた．なお，マダイ仔稚魚の垂直分布については続報で詳しく報告する予定である．

湾内定点調査（1976年の定点より Stn. 11を除き，11定点について実施）は4月20日，4月29日および5月11日の3回実施し，621尾（全長2.5～10.7mm）のマダイ仔稚魚が採集された．

4月20日の調査（Fig. 7a）ではStn. 12で11尾，Stn. 15で5尾のマダイ仔魚が採集されているが，他の定点では1～2尾で，全体としても24尾と採集量は少なく，マダイ仔魚の出現初期と考えられる．透明度は湾口部で13m，湾中央部のStn. 7～8では10mを示し，この間漸進的な変化を示している．Stn. 7～8と6の間では透明度は3m低下し，この水域に透明度の不連続的な変化帯が認められた．この調査時は植物プランクトンの春季の増殖期に当り，湾外に分布の中心を持つ植物プランクトンが透明度の不連続帯の外縁まで及び，外海水の入り込みを示している．マダイ仔魚はStn. 4で採集された1尾を除き，植物プランクトンの分布範囲や透明度の不連続的変化帯とよく対応した分布パターンを示している．東岸寄りに密度が高く，相対的な高密度帯が女鹿埼沖に及ぶマダイ仔魚の分布パターンは採集時（下げ潮）の湾口部における潮流とよく対応している．

4月29日の採集（Fig. 7b）ではStn. 1と5を除く全定点で合計327尾（平均密度1000㎥当り71.8尾）のマダイ仔稚魚が採集された．このうち，半数以上の170尾（1000㎥当り465尾）がStn. 15で採集されており，これらの値はいずれも3年間を通して最高の値であった．この調査日には分布量が多く，Fig. 7bに示すように湾内における最も典型的と考えられるような明瞭な水平分布パターンが認められた．マダイ仔稚魚の分布はStn. 15を中心に湾口部では1000㎥当り100尾以上，女鹿埼～長手ノ鼻より内側の湾中央部水域では20尾/1000㎥以下に激減し，さらに，湾奥部水域では1尾の出現も認められない．この調査時には前回まで認められた植物プランクトンの春季ブルームは消え，透明度は湾口部で20mを示したが，調査前の数10mmを超える降雨の影響を受け，湾奥部では5mと平常時より著しい低下がみられた．このように湾内の透明度分布には，湾口部から湾奥部にかけて10数mに及ぶ水平傾斜がみられ，しかも，その傾斜には明瞭な不連続性が認められた．すなわち，透明度は女鹿埼よりやや内側の水域で18mから9mに，潮見鼻と野子埼を結ぶ水域で9mから5mへと顕著な急低下が認められた．マダイ仔稚魚の水平分布にみられる段階的な減少傾向はこれらの透明度変化の不連続帯の存在ときわめてよく対応し，それらを境界として100尾/1000㎥以上の水域，20尾/1000㎥以下の水域および非採集水域に区分される．また，湾口部におけるマダイ仔稚魚の分布状態はStn. 15を中心とする同心円的パターンを示し，湾口部における流動パターン[18]と類似性がみられた．

5月11日の採集（Fig. 7c）では全定点より270尾（平均密度1000㎥当り72.2尾）のマダイ仔稚魚が採集された．3年間を通して湾内全採集点でマダイ仔稚魚が採

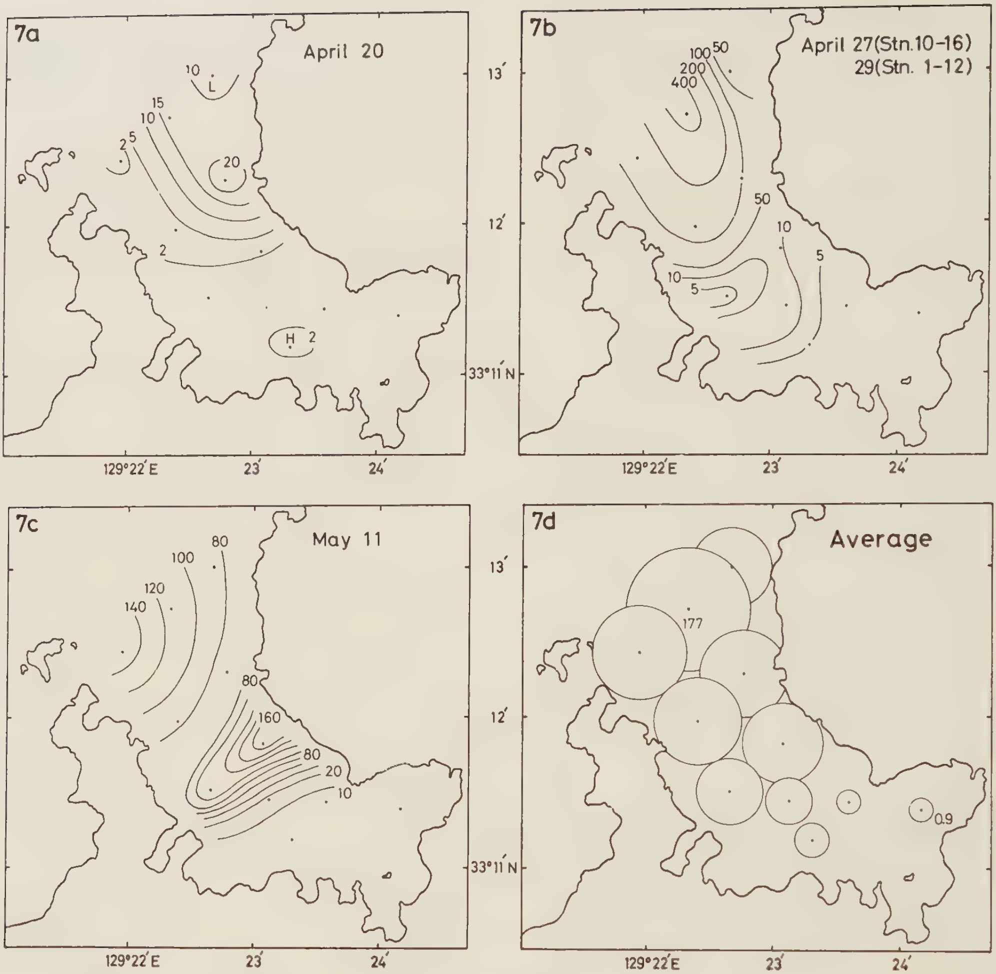


Fig. 7. 1977年春季におけるマダイ仔稚魚の出現状況
図中の数値はろ水量1000m³当りの尾数を示す
The occurrence of the larval red sea bream in 1977. The contour shows the number of individuals per 1000 m³ of sea water.

集されたのは今回が初めてであり，また，3年間を通じて Stn. 1で採集されたマダイ仔魚は今回の1尾（全長3.5mm）のみであった．5月11日におけるマダイ仔稚魚の分布状態は全体としては湾口部に高く，湾奥部で激減する水平傾斜がみられ，これまでの水平分布と基本的には類似していたが，同時にこれまでのパターンにはみられなかった特徴も現われている．すなわち，湾口部の Stn. 14の他に湾中央部の Stn. 8 にも高密度分布域が形成され，2つの分布の中心を持ったパターンを示している．湾口部のパターンは普通にみられるパターン，とくに上げ潮時によく見られるパターンであるが，女鹿埼〜長手ノ鼻を結ぶ水域を境として湾中央部の Stn. 8を中心とする分布パターンの出現する例はこれまでの湾内調査ではほとんど認められなかった．

以上のように，1977年は出現量が前2年に比較して1桁多く，湾口部を中心として湾中央部から湾奥部へと段階的に減少する水平分布パターンがより明瞭になるとともに，条件によっては湾中央部にも高密度分布域が出現する可能性のあることが明らかとなった．

5. マダイ仔稚魚の分布と透明度の関係

志々伎湾はすでに述べたように外海水の影響を直接受ける条件下にあり，しかも河川水がほとんど流入していないため，水温・塩分などの無機環境要素は水平的にも鉛直的にも傾斜が小さい[16]. Fig. 8 にマダイ仔稚魚採集時の表層塩分と表層水温の関係を示した. マダイ仔稚魚は水温に関してはかなり広範囲（14〜20℃）にわたって採集されているが，塩分については一部の例外を除き，比較的狭い範囲に限定されている. 34.3‰以下の塩分域で採集されている場合も，マダイ仔稚魚の中心的な分布層と考えられる底層では34.5‰前後を示し，大部分のマダイ仔稚魚は34.4〜34.6‰の塩分域で採集されると言える. これは，マダイ仔稚魚がこのような塩分域を好むという傾向を示すよりは，調査水域が塩分変動の少ない海域であることを反映したものと考えられる.

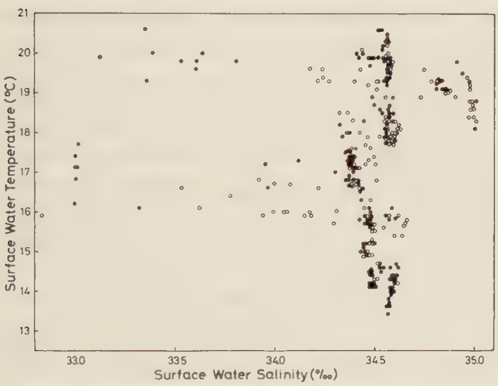


Fig. 8. 稚魚網採集時における表面水温と塩分
白丸はマダイ仔稚魚が採集された場合を示す
The surface-water temperature and salinity measured at the time of sampling by the larva net. The open circle shows the case when the larval red sea bream was collected.

一方，透明度にはしばしば著しい水平傾斜が認められ，マダイ仔稚魚の水平分布とも最も関連の深い要素と考えられる. Fig. 9 に湾内および湾外定点調査時の透明度とマダイ仔稚魚の採集尾数を定点別に示した. 透明度は各採集点，各採集時によってかなり変動するが，湾外定点ではその範囲は10〜20 m とほぼ類似した傾向が認められる. これに対し，湾内定点では透明度の低下は著しく，Stn. 9 より内側の定点では最大，最小値ともに傾向的な低下がみられる. しかし，湾口部

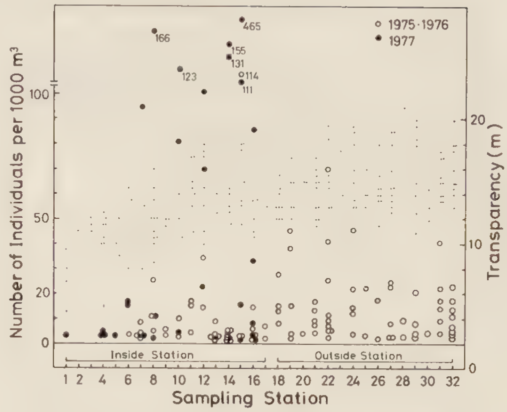


Fig. 9. 透明度の分布とマダイ仔稚魚の出現との関係
各丸印はろ水量1000㎥当りの採集尾数を，小点は透明度を示す
The relation between the transparency and the occurrence of the larval red sea bream. Each circle shows the number of individuals per 1000 m³ of sea water. Small spots show the transparency.

の Stn. 10〜17 の湾内定点の透明度はおおむね11〜19 m の範囲にあり，湾外定点と同様な変動幅を示している. したがって，透明度の変動傾向からみる限り，Stn. 10〜17 の水域は外海系水域と考えられ，外海水は通常 Stn. 10〜12 ライン（ほぼ女鹿埼と長手ノ鼻を結ぶライン）まで直接的影響を及ぼしているものと判断される.

マダイ仔稚魚は1975〜1976年の採集結果では湾外にやや採集量が多い傾向がみられるが，湾内においても湾口部の Stn. 17 から湾中央部の Stn. 8 付近まで湾外とほぼ同様な範囲で分布が認められる. 一方，1977年の採集量は，例外的なパターンを示した5月11日の Stn. 7 と 8 を除くと，1000㎥当り100尾を超える採集量の認められた定点は Stn. 10 より湾外寄りの各定点であった. このようにマダイ仔稚魚の分布は基本的には透明度が相対的に高い湾口部から湾外域に多く，透明度の低下する Stn. 9〜10 を境に減少する傾向がみられる. しかし，その変化の度合は透明度ほど明瞭ではなく，外海水の直接的影響の及ばない湾中央部まで分布の拡がりが認められる. これは透明度が上層水の状態を指標する要素であるのに対し，マダイ仔稚魚は中〜底層中心である[19]という鉛直的なずれに起因しているのであろう. また，湾内におけるマダイ仔稚魚の分布は採集時の外海水の流入状態に支配されるとともに

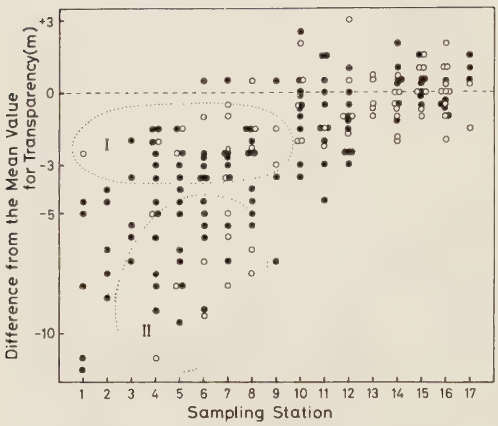


Fig. 10. 湾内定点における透明度の減少度合とマダイ仔稚魚の出現との関係
各点はそれぞれの定点の透明度と湾口部定点（Stn. 14〜17）の透明度の平均値との差を示し，白丸はマダイ仔稚魚が採集された場合を示す
The relation between the inward decrease of transparency and the occurrence of the larval red sea bream in the bay. Each circle shows the difference from the mean value (Stn. 14-17) of transparency. The open circle shows the case when the larva was collected.

に，湾内外水の入れ換りによって湾内へすでに取り込まれた仔魚の累積[14]とも関連していると考えられる．

Fig. 10 は湾内定点，とくに湾中央部〜湾奥部の定点において，マダイ仔稚魚がどのような条件の時に採集されるかを透明度の差を指標に調べたものである．透明度の変動幅は湾口部の Stn. 10〜17 ではほぼ 3 m であり，マダイ仔稚魚もこの変動幅の中でランダムに採集されている．一方，この幅は Stn. 9 より内側の水域ではほぼマイナス側に偏るとともに湾口部からの距離に比例して増大する．マダイ仔稚魚の採集は Stn. 4 での変動幅11 m ときわめて水平傾斜の著しい場合にも，また Stn. 1 での変動幅2.5 m とあまり水平傾斜のない場合にも認められ，変動幅との単純な相関は認められない．しかし，全体的には透明度の変動幅が 3 m以内のグループ（Fig. 10, Ⅰ）と変動幅が 5 m以上のグループ（Fig. 10, Ⅱ）に大別される．前者は外海系水が湾内深く入り込んだり，あるいは湾内外水の境界が不鮮明な条件下で，その時点の流れによって湾内へ輸送された場合と考えられる．一方，後者は潮流による湾内外水の交流・交換や恒流による輸送によって調査時までにすでに湾内に取り込まれていた場合を示すのであろう．

以上のように透明度は湾内水域では現象的にはマダイ仔稚魚の水平分布ときわめて関連が深い．しかし，同時に細部については単純な関連の見い出せない場合もある．これらの点については後に考察を加えたい．

6. マダイ仔稚魚と同時期に出現する仔稚魚

マダイ仔稚魚の出現する 4〜5 月は，他の多くの沿岸性魚類の産卵期にも当り，多くの種類の仔稚魚が出現する．マダイ仔稚魚の採集時に同時に入網した仔稚魚の 1 例として，1975年 5 月 1 日〜 6 月 7 日に実施した湾内定点調査の結果を Table 3 に示した．

採集された仔稚魚の量は，湾口部の定点に多く，湾奥部の定点に少ない傾向が認められる．また，このような傾向は採集される種類数にも明瞭にみられ，当湾のこの時期には，湾口部から湾外域で生まれる仔稚魚が主要な部分を占めるといえる．これらの魚種の出現状況より，湾口部に主として分布する魚種と湾内に比較的広く分散して分布する魚種に大別される．第 1 のグループには，ウルメイワシ *Etrumeus teres*, カタクチイワシ *Engraulis japonica*, マサバ *Scomber japonicus*, マアジ *Trachurus japonicus*, トラギス科 spp., オニオコゼ科 spp., ホウボウ科 spp., ヒラメ *Paralichthys olivaceus* などが含まれる．一方，ネズッポ科 spp., クロダイ *Acanthopagru sschlegeli*, ハゼ科 spp., マフグ科 spp., ササウシノシタ科 spp. などは比較的湾内全域に広く分布し，第 2 のグループに類別される．前者は主として湾外産卵種で，後者は湾内に生息し産卵する魚種で構成されている．

動物群集の類似性をみる 1 つの指標として群集類似度指数がよく用いられる．稚魚網で採集された仔稚魚をその定点の群集とみなし，1 例として1975年 5 月 1 日の採集結果より定点間の群集類似度指数 Cλ を求め，Fig. 11 に示した．これらの値より，湾内定点は，定点間の類似性があまり高くない Stn. 1 〜 5，ほぼ 0.8以上とかなり高い類似性を示す Stn. 6 〜 9 およびほとんど 0.95以上ときわめて類似性の高い Stn. 10〜17 の 3 グループに類別される．Stn. 10〜17 間の Cλ がきわめて高いのは，この水域が外海水の直接的影響下にあり，湾外産卵種の分布水域であるためと考えられる．

マダイは，この Stn. 10〜17 の水域を主な分布域と

Table 3. 湾内定点においてマダイ仔稚魚と同時期に出現する仔稚魚（1975年）
各数値は5回の採集を合計した個体数
Species cooccurred with *P. major* larvae at 17 inside stations in 1975. Each number shows the total number of individuals caught by 5 time collections.

Species	Stn. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Etrumeus teres			1						1				2	9	10	19	10
Sardinops melanosticta			1				1	6	10	2			2	6	1	1	2
Engraulis japonica	7	5	12	3	1	18	17	23	62	129	115	22	119	138	219	501	226
Synodontidae spp.									1	2			2	1	2	1	3
Exocoetidae sp.												1	1		7	4	
Syngnathus schlegeli	1					1	1	1	1	3	1	1	3		1		
Urocampus rikuzenius	1					1			1							2	1
Hippocampus coronatus											1		1				
Scomber japonicus													1		3	5	
Trachurus japonicus				1			1		2	3	3	1		1		1	4
Girella punctata										1							
Pagrus major							1	3	3	4	5		7	4	1	10	4
Acanthopagrus schlegeli	2	2	1							3	1					2	2
Callionymidae spp.	11	21	53	30	4	38	32	47	103	114	76	70	96	125	136	176	104
Omobranchus elegans		1		3			1			2		1		5	3	6	5
Blenniidae spp.							2	1	1	10	8	4	6	19	21	23	27
Parapercidae spp.		1	10	2		13	11	15	93	66	55	26	61	60	90	94	46
Gobiidae spp.	49	14	10	33	1	36	12	17	49	34	47	26	39	43	52	44	50
Fugu spp.	1	3	2	3	3	1	1	2	5	3	2	3	10	3	18	5	5
Rudarius ercodes					9		1	5	9	6	5	2	4	5		12	5
Stephanolepis cirrifer			1		1		3	4	11	13	8	4	10	12	4	11	11
Sebastiscus marmoratus	6	6	3	2		5	6	3	10	15	15		7	4	7	28	31
Synanceiidae sp.								1	2	1			2	8		11	11
Triglidae spp.							1	3	4	3	2			5	1	13	3
Paralichthys olivaceus		2	1	2			3	3	14	17	10		4	16	14	10	12
Pseudorhombus pentophthalmus									1	1	1		2	5		4	1
Soleidae sp.		1		2	1	1		2	3	4	7	7	4	5	4	6	1
Others	4		57	6		7	6	14	57	20	21	27	38	106	88	75	56

し，前述の第1グループの構成種として，カタクチイワシ・マサバ・ヒラメその他の湾外産卵種と混獲される．第1のグループに属する魚種は，志々伎湾外で生まれ，湾口部まで輸送されてきたものや，湾口部水域で産卵されたものより構成されている．これらの仔稚魚は湾口部の流動特性によって，湾内奥深くまで輸送されることは少なく，外海水の支配的な湾口部にとどめられていると考えられる．第1グループに含まれる魚種の中でも，マダイはヒラメとよく類似した分布を示し， 今後， 両者の詳しい比較がなされる予定である．

7. マダイ仔稚魚の全長と水平分布との関連

浮遊生活期のマダイ仔稚魚は採集時の海洋諸条件によって分布パターンを変えることがあるが，全体としては湾口部から湾外に多く，湾内では激減する傾向がみられる．浮遊生活期のマダイには卵期・仔魚前期・仔魚後期および稚魚期（初期）の4つの発育段階が含まれる．本報告で取り扱った後2者については全長で2㎜台〜10数㎜台，飼育例[20]から判断してふ化後の日数で3〜40日前後の個体が含まれ，外部形態や内部諸構造においてもその発達程度に著しい差がある[21-24]．したがって，遊泳力その他の能力や環境選択性にも差があり，仔稚魚の分布パターンも発育・成長に伴って変化する可能性が考えられる．そこで，調査海域をマダイ仔稚魚の分布特性に応じて，湾外（Stn. 18〜32）・湾口（Stn. 10〜17）・湾内（Stn. 1〜9）に区分して，全長組成を比較した（Fig. 12）．年により調査定

	Stn.1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	15	16	17
Stn.1		0.848	0.640	0.694	0.081	0.676	0.902	0.695	0.472	0.751	0.762	0.722	0.733	0.731	0.723	0.795
2			0.571	0.897	0.182	0.689	0.742	0.555	0.382	0.553	0.543	0.495	0.485	0.437	0.439	0.566
3				0.753	0.069	0.949	0.857	0.807	0.743	0.760	0.712	0.775	0.727	0.730	0.572	0.695
4					0.115	0.821	0.746	0.657	0.531	0.620	0.591	0.619	0.592	0.525	0.479	0.559
5						0	0	0.034	0.033	0	0.008	0.021	0.027	0.053	0	0.015
6							0.940	0.903	0.790	0.830	0.848	0.868	0.822	0.799	0.703	0.817
7								0.939	0.769	0.941	0.924	0.916	0.892	0.877	0.811	0.918
8									0.899	0.969	0.938	0.961	0.934	0.891	0.815	0.910
9										0.831	0.739	0.841	0.750	0.723	0.614	0.733
10											0.996	0.998	0.981	0.955	0.915	0.973
11												0.922	0.981	0.967	0.950	0.983
13													0.992	0.974	0.924	0.970
14														0.991	0.941	0.936
15															0.945	0.979
16																0.934
17																

0.80-0.89　0.90-0.94　≧0.95

Fig. 11. 森下の群集類似度指数Cλによる湾内定点間の仔稚魚群集の比較（1975年５月１日）
The comparison of the fish larval communities among stations using MORISITA's similarity index Cλ (May 1, 1975).

点や調査時期ならびにマダイ仔稚魚の出現期が少し異なるため，厳密な比較は困難であるが，全体的な傾向は指摘できる．

湾外水域は調査開始がマダイの出現期の途中になった1975年では２～３㎜台の発育初期の仔魚の割合が少なく，平均全長も５㎜台となっているが，産卵初期から調査を行った1976年の場合は２～３㎜台の仔魚が69％を占め，産卵場に相対的に近い湾外水域の特性をよく示している．湾口部水域は全長11～13㎜台の稚魚が採集された1975年には平均全長4.5㎜を示したが，３年間の平均全長は4.0㎜で全採集個体の平均値と同じであった．湾口部水域は透明度やその他の無機環境要素より明らかなように外海的性格が強く，マダイ仔稚魚の全長組成も基本的には湾外水域と類似しているが，後期仔魚への移行直後の２㎜台の仔魚の採集される割合が湾口部水域（5.7％）では湾外水域（27.8％）よりはるかに低く，産卵場との相対的な位置関係を反映している．

一方，湾内水域は大量の仔魚の流入のみられた５月11日の例を除くと，採集尾数は少なく，しかも大部分は３～４㎜台で占められている．全体的に発育・成長した個体の占める割合の高かった1975年は湾内水域で特徴的な全長組成が認められた．1975年の湾内における採集尾数は９尾と全域で採集された個体の８％に過ぎなかったが，平均全長は6.7㎜で全平均4.0㎜よりはるかに高い値を示した．全長組成は３～４㎜台に６尾と12～13㎜台に３尾と大小２群に明瞭に分かれている．全長10㎜を超える稚魚は1975年には湾外１尾（1000㎥当り0.053尾），湾口部３尾（同じく0.135尾），湾内３尾（同じく0.279尾）が採集され，湾内水域は前述のように全採集尾数の８％弱であるにもかかわらず，10㎜以上の稚魚に関しては42.9％（単位ろ水量当りでは59.6％）と高い値を示している．また，それぞれの水域で10㎜以上の稚魚の割合は，湾外水域が4.2％，湾口部水域が4.3％であるのに対し，湾内水域は33.3％と１桁高い値を示した．

以上のように，志々伎湾周辺において，稚魚網により採集されるマダイ仔稚魚は湾外水域と湾口部水域でほぼ同様の全長組成を示すが，湾内水域ではそれらとは異なった全長分布を示す傾向が認められる．これは湾内水域がマダイ仔魚の水平的分布の縁辺部に当り，しかも幼稚魚期の成育場[24]と隣接する水域のため，マダイ稚魚の幼稚魚成育場への移行の一断面を表わしたものと考えられる．

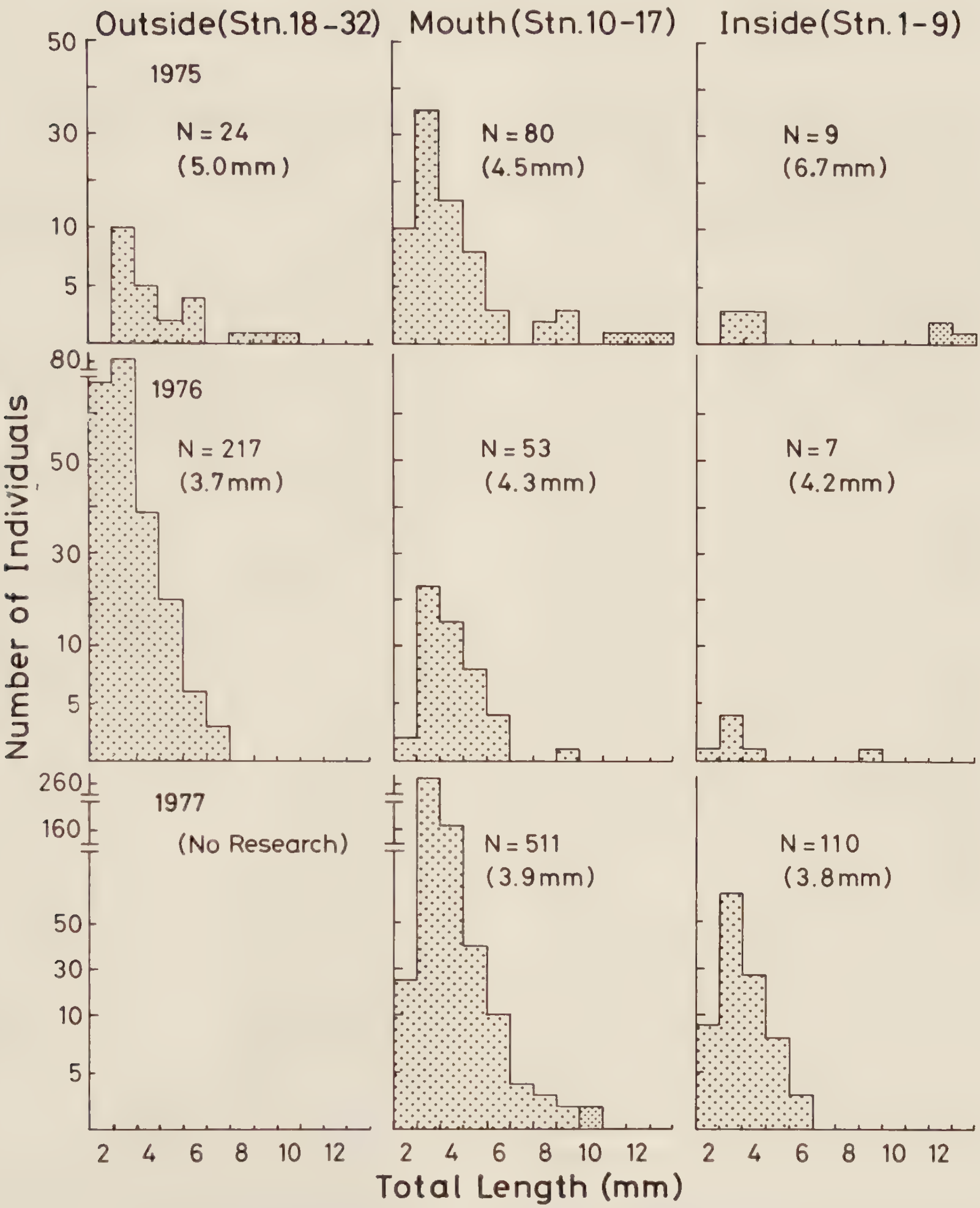


Fig. 12. 湾外水域，湾口部水域および湾内水域間のマダイ仔稚魚全長組成の比較
The comparison of the total length composition for the larval red sea bream among 3 areas; the outside, mouth and inside area of the bay.

考　　察

1. 稚魚網の採集効率にかかわる問題

プランクトン期の仔魚の採集には，高速サンプラーの導入[26-30]をはじめ種々の工夫と改良が試みられて来た[31]が，最も簡便で広く利用されているのはリングネットによる方法である．この稚魚網の最大の問題は，対象を後期仔魚や稚魚とする場合，それらが視覚やその他の感覚諸器官により稚魚網を認知し，逃避する“net avoidance”の問題であると考えられる[31-33]．通常の稚魚網で net avoidance が生じている重要な間接的証拠の1つとして，昼夜による採集量の差がある．多くの魚種で体長の増加とともにその差は著しくなり，成長した仔魚では夜間の採集量は昼間の採集量の10倍以上になる場合もしばしば観察されている[33-36]．マダイに関しては昼夜による採集量の差を報告した例は見当らないが，筆者[19]が1977年5月9～10日に実施した日周垂直移動調査の結果では，全長3.0～7.0mmの範囲では夜と昼の比は1.12～1.38（平均1.25）と小さく，例外的な魚種と考えられる．このような結果から直ちにマダイ仔魚では逃避行動が著しくないとは断定できないが，昼夜の比が全長によってあまり変化しない事実は，この範囲内では体長増加に伴う逃避行動に著しい差はなく，相対的には量的比較が可能なことを示している．

Fig. 13は3年間の湾内外定点調査で採集された1020個体の全長組成を示したものである．平均全長は4.0mmであるが，3mm台の仔魚が最も多くて全体の約半数を占め，次いで4mm台，2mm台と続いている．2mm台の仔魚は稚魚網から逸出する可能性やその存在期間がかなり短いと推定されるため，採集量は3mm台よりはるかに少ない値となっている．3mm台から7mm台まで採集量はほぼ同じ割合で減少しているが，7mm台を境にしてその減少の度合が変化している．マダイの全長7mm前後の段階は，内部構造的には消化系の転換期であり[23]，飼育条件下では餌料生物をより大型の動物プランクトンへ変える時点にも相当する[20,39]．また，外部構造的にも鰭や初生鱗などの形成が起り始める時期である[21,22]．これらの事実は全長7mm前後を境として，マダイ仔魚は体の構造を変え始め，それに伴って生態的にも種々の変化が生じる可能性を示唆している．稚魚網の採集効率も，この段階を境に著しく変化する可能性が推察される．

1975年と1977年では用いた稚魚網の口径が異なることはすでに述べた．異なった口径と網目の稚魚網では採集効率に差がある可能性が考えられる．この点については，マダイ仔魚を対象にした検討を行うことができなかったが，1977年8月27日にテンジクダイ *Apogon lineatus* の後期仔魚を指標にして，口径40, 60, 80, 113および130cmの稚魚網の比較試験を行った結果*によれば，40～113cmの間では単位ろ水量当りの採集量に顕著な増加が認められたのに対し，113と130cmの稚魚網ではほぼ類似した値となった．マダイとテンジクダイでは遊泳力はじめ稚魚網に対する反応も異なり，厳密な比較は今後の検討に待たねばならないが，この調査で用いた2種のネットではマダイの場合

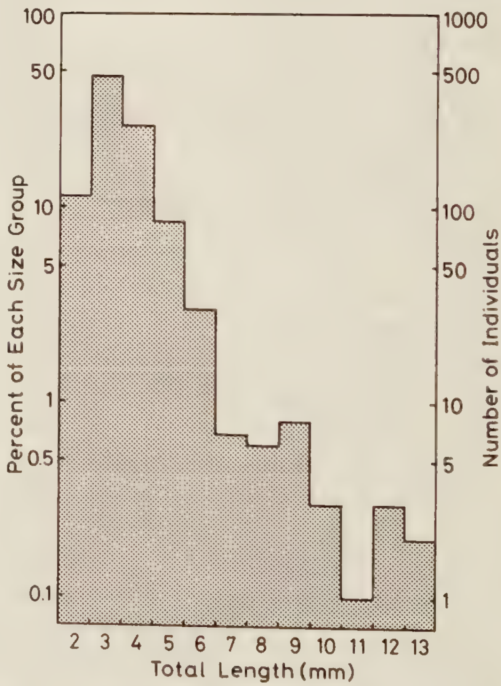


Fig. 13. 3年間に採集された全マダイ仔稚魚の全長組成
The size composition of all the red sea bream larvae and juveniles collected by the larva nets during 3 years.

＊田中　克：未発表

にも著しい採集効率の相違はなかったものと考えられる．

2．マダイ仔稚魚の補給源に関する論議

九州西海域におけるマダイの産卵について，“上りダイ”あるいは“サクラダイ”と呼称される産卵期の成熟親魚の分布や移動から，産卵期は五島灘南部の鯵曽根では3月下旬～5月下旬，五島周辺で3月下旬～5月，平戸島周辺で3～6月，壱岐・対馬周辺では主として4～6月と推定されている[37]．庄島[38]は東シナ海の浮魚産卵調査より，九州西海域ではマダイ仔稚魚は2～6月に出現し，その盛期は4～5月と報告している．本研究では，志々伎湾およびその周辺海域における浮遊生活期のマダイ仔稚魚は，年によりやや変動がみられるものの，調査を実施した3月下旬（水温14℃）～6月上旬（同20℃）にわたって認められた．これらの結果を総合すると，当海域周辺ならびに当海域への補給に影響すると考えられる隣接海域では，マダイの産卵は3月中旬前後より開始し，6月上旬まで続くものと推定される．マダイ仔魚の全長と飼育水の積算温度の関係より，全長4㎜の仔魚に成長するのに約200℃を要する[39]．この値を参考に，マダイ仔魚の出現ピークより産卵盛期を推定すると，水温15℃前後の4月上旬より水温17℃前後の5月上旬までの約1ケ月間と考えられる．

マダイの卵・仔稚魚の出現する春季は多くの沿岸性魚類の産卵期でもあり，稚魚網で多くの種類の球形分離浮遊卵が採集されるため，固定標本ではマダイ卵の同定はきわめて困難である．当湾周辺海域におけるマダイ卵の分布や高密度水域の移動をもとにした推定が不可能なため，当湾へ輸送されるマダイ仔稚魚の補給源を厳密に推定することはできない．1976年5月に当湾周辺海域を含む五島灘北部海域において実施した漂流板追跡調査によれば*，10ｍ層の流れは潮流の影響を強く受け，最強流速時には2～3ノットに達するが，かなり規則的な往復運動のため実質的な移動距離はかなり小さい傾向がみられる．さらに，マダイ後期仔魚の分布層は中層～底層[19]のため，流れによる輸送は表層ほど強く受けないものと推定される．また，湾内外では後期仔魚の初期と考えられる全長3㎜未満の仔魚（産卵後6～7日と推定）もかなり採集されている．これらの事実は，間接的ではあるが，志々伎湾に出現するマダイ仔魚の補給源は，当湾からあまり遠くない海域，とくに平戸島周辺の産卵場に由来する可能性を示唆している．

九州西海域ではマダイ仔稚魚は沖合まで広く出現するが，分布の主体は距岸50海里以内の沿岸域にあり，とくに五島～天草近海に多く[38]，五島西沖～平戸島西沖では30尾（1000㎡当り）の等密度線が示されている**．このように平戸島沖合水域には五島～壱岐周辺の産卵場に由来すると推定されるマダイ仔魚が広く分布しており，その一部が志々伎湾口部に形成される[18]地形性の渦流域に捕捉され[40]，低密度ではあるが，長期にわたる連続的な補給をもたらすものと考えられる．このような長期的・持続的な補給過程の他に，主として当湾に隣接した海域で産卵されたマダイ卵・仔魚が広く分散する前に高密度で湾口部の渦流域に集積される，いわば短期的・集中的補給過程の存在が推定される．1977年4月20日から29日にかけての10倍以上に達する密度の急増はこの過程の存在を示しているのではないかと考えられる．当湾におけるマダイ仔魚の10数倍に及ぶ出現量の年変動は後者の過程の程度に大きく支配されているのであろう．しかしながら，これらはいずれも間接的証拠に基づく推測であり，今後当海域周辺における産卵生態の把握と卵期の分布や輸送過程の把握により，補給源の厳密な検討が望まれる．

3．浮遊生活期仔稚魚の分布特性にかかわる問題

マダイ幼魚の天然海域における資源や生態は，九州西海域においては栽培漁業や幼魚資源管理の基礎調査として[41,42]，また放流技術開発[43]と関連して，詳しく調べられて来ている．しかし，マダイの浮遊生活期の仔稚魚の分布や生態に関する報告は少ない．Table 4にこれまで報告されている九州沿岸や東シナ海域における浮遊生活期のマダイ仔稚魚の採集結果を示した．これらの諸報告の中で，庄島の調査結果は，その採集回数，調査海域の広さおよび調査期間のいずれの点においても群をぬいている．それによれば，採集回数は総計5798回，マダイ仔稚魚採集尾数2085尾に及んでい

＊玉井一寿：未発表
**庄島洋一：昭和50年度マダイ特別研究現地検討会資料

Table 4. 九州近海および東シナ海におけるマダイ仔稚魚の採集結果
Records on collections of the larval red sea bream in the coastal waters of Kyushu, and East China Sea.

Sampling date	Location	Larva net used	Method of tow**	Number of tow	Number of inds.	TL (mm) min.	TL (mm) max.	Author
1972 May 11	off Shingu (Fukuoka Pref.)	130-0.51-700*	SHH	-		3	15	KOBAYASHI *et al.*[45]
1975 May8~June4	Kariya Bay (Saga Pref.)	130-0.51-450	SHH	44(11)*)	69(31)*)	4.0	14.2	Saga Pref. Fish. Exp. Sta.[46]
			Vertical haul	33	0			
1974 May	Karatsu Bay	130-0.51-700	SHH	36	70			OUCHI & SUMI[47]
1977 Apr.~June	Karatsu Bay	130-0.51-700	SHH	77	86	3	15	OUCHI & SUMI[47]
			BHH	38	190	3	15	
			Oblique haul	23	2			
1975~'77 Apr.~June	Hikitsu Bay (Fukuoka Pref.)	130-0.51-700	SHH	81	22	3	15	OUCHI & SUMI[47]
		(trap net)			28			
1961~'75 Dec.~July	Coastal waters of Kyushu and East China Sea	130-1.8+0.3-450	SHH	2,343	226**)		13.2	SHOJIMA[38]
		45-0.35-100	Vertical haul	2,426	42**)		13.5	
		130-0.51-600	Oblique haul	735	1,810**)		15.0	
			Other mehods	295	7**)		9.5	
1975~'77 Mar.~June	Shijiki Bay	113-0.35-400	Stepwise-oblique haul	417	1,036	2.4	13.9	TANAKA (present study)
		130-0.51-450						
1977 Apr.~May	Shijiki Bay	130-0.51-450	SHH	32(10)	467(346)		14.5	TANAKA[19]
			MHH	31	1,365**)		12.6	
			BHH	31	2,076**)		13.2	

* This type of net is 130 cm in diameter, 0.51 mm in mesh opening and 700 cm in length.
** The abbreviations are shown in Table 1.　For example, SHH shows surface-layer horizontal haul.
*) Parentheses show the number of night time tow and the number of individuals caught at night.
**) These collections contain individuals caught at both day and night.

る．この調査は12月下旬より7月中旬にわたっているが，このうち1799尾（86.3%）の仔稚魚は4月下旬から5月中旬にかけて採集されている．この間，総計1395回の種々の稚魚網採集が試みられたが，357回の日韓稚魚網[44]の斜めびきによって，1614尾（89.7%）の仔稚魚が採集されている．

一方，沿岸や内湾域の新宮地先[45]，仮屋湾[46]，唐津湾および引津湾[47]などで実施された調査では，マダイ仔稚魚の相対的な濃密分布域での採集と考えられるにもかかわらず，採集量は前述の庄島の値よりかなり小さい．この差は主として採集方法の相違に起因すると考えられる．大内・角[47]が唐津湾で実施した離底びきによれば，1網当り平均5尾のマダイ仔稚魚が採集されている．田中[19]が1977年の出現盛期に志々伎湾口部の濃密分布水域において集中的な層別採集を試みた結果（Table 4）でも明らかなように，大部分のマダイ仔稚魚は中層および底層の水平びきで採集されている．サンマ・サヨリ類，メジナ，クジメ・アイナメ類などの仔稚魚のようにニューストンに類別される魚種を除いて，表層は仔稚魚の分布の“ヘリ”であるとの指摘[48]は，マダイ仔魚にも当てはまるように思われる．しかし，仮屋湾[46]や志々伎湾[19]の表層水平びきの例にみられるように，夜間には表層での採集量が著しく増大しており，今後日周垂直移動との関連が検討されねばならない．

稚魚網で採集されるマダイの全長は，Table 4によれば調査海域にかかわらず，ほぼ一定しており，14～15㎜までの範囲である．森[49]は山口県油谷湾において，稚魚網採集を行い，最大全長14㎜台の個体を採集している．また，能登半島周辺海域における浮遊生活期のマダイ調査においても，稚魚網で最大全長13㎜台の稚魚が採集されている[50]．マダイをはじめ多くの魚種では稚魚期になると，外部諸形質や内部諸構造に飛躍的な発達がみられ[21-24]，浮遊生活期の最終段階の稚魚は稚魚網に入網しない可能性も考えられる．しかし，逃避行動がほとんど無視できると考えられる込瀬網やアイザックキッド型中層びき網でも最大全長はそれぞれ15.8㎜，14.0㎜と報告されている[51]．

したがって，通常の稚魚網で採集されるマダイ仔稚魚は，量的には問題が多いと考えられるが，ほぼ浮遊生活期の仔稚魚の全長範囲をカバーしているものと考えられる．これらの結果によれば，大部分のマダイ稚魚は全長14～15㎜の段階で浮遊生活期を終えるものと推定される．

4．マダイ仔稚魚の分布と環境構造との関連

志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の水平分布は，すでに述べたように，湾口部中心であり，水温や塩分との単純な関係は認められないが，透明度との間にはきわめて密接な対応がみられる．透明度は測定日前の降雨状態や海水の入れ換りの状態によってかなり変動するが，平均的にみると女鹿埼と長手ノ鼻を結ぶ水域および潮見鼻と飯田鼻を結ぶ水域を境界にして顕著に変化する傾向がある．マダイ仔稚魚の水平分布は，このような透明度の不連続帯を境に，湾口部から湾中央部を経て湾奥部へと段階的に分布量の減少が認められる．しかしながら，透明度は水塊全体の状態を表わすものではなく，その上層部の状態を示す一指標に過ぎず，また，マダイ仔稚魚の中心的な分布層は底層である[19]ため，両者の対応は表面的なものであり，より本質的な要因の存在が推察される．

Fig. 14は，湾軸断面における塩分分布の1例として，1977年4月16日に実施された海洋観測の結果を示したものである．これは降雨後の分布パターンで，当湾としては塩分傾斜が相対的に大きい状態を示したものであるが，湾最奥部を除き，水平的にも鉛直的にも塩分の傾斜は0.1‰ときわめて小さい．しかし，微小な塩分傾斜の中にも34.6‰以上の定点6より外側の水域，ほぼ34.5‰以下の低塩分水がはり出し，一方底層にはより高塩分な海水が入り込み，成層構造を示す定点9～15の水域に区分できる．これと類似した水域的な特性は，クロロフィルaの鉛直断面分布にもみられる（Fig. 15）．

志々伎湾内外の春季の流況調査[18]によれば，湾外では湾口部を横切る南西方向の恒流が卓越し，この反流とも考えられる左旋性の循環流が湾口部に形成される．この湾口部の恒流は，エホノ鼻より西岸沿いに南下し，長手ノ鼻よりやや内側の水域で方向を転じ，女鹿埼沖から東岸沿いに流出する．湾奥部は流れが弱く，湾口部ほど明瞭な恒流は認められないが，左旋性のごくゆるやかな恒流の存在が推定されている．一方，湾中央部の流れはかなり複雑で必ずしも明瞭ではないが，最も微粒な海底表層堆積物の存在や湾口部の流れより，右旋性の環流の存在が推定される．

以上のように志々伎湾は，無機環境要素や流況より，女鹿埼～長手ノ鼻および潮見鼻～飯田鼻を境界にして，湾口部・湾奥部・湾中央部の3水域[16]に区分される．これら3つの水域には，各々前述の3つの水平循環流の存在によって，相対的に独自な水塊，すなわち，外海系水，湾内系水および両者の混合系水が形成

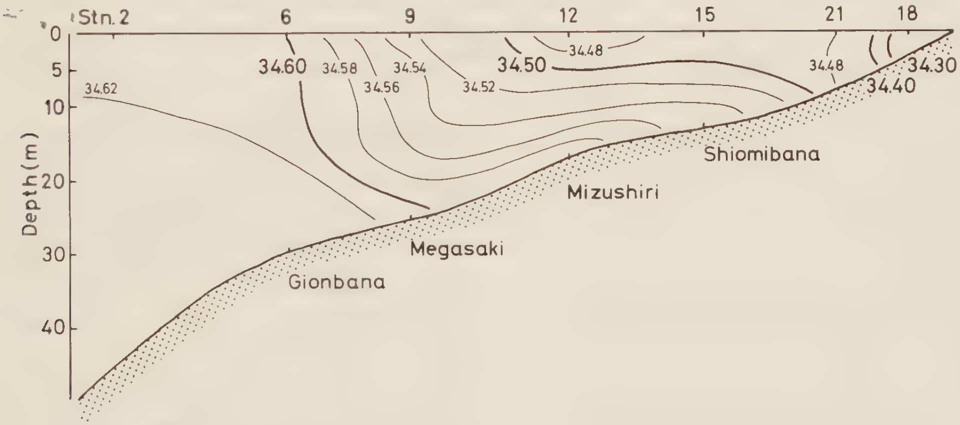


Fig. 14. 湾軸断面における塩分の鉛直分布（1977年4月16日）
The vertical profile of salinity along the bay axis (April 16, 1977).

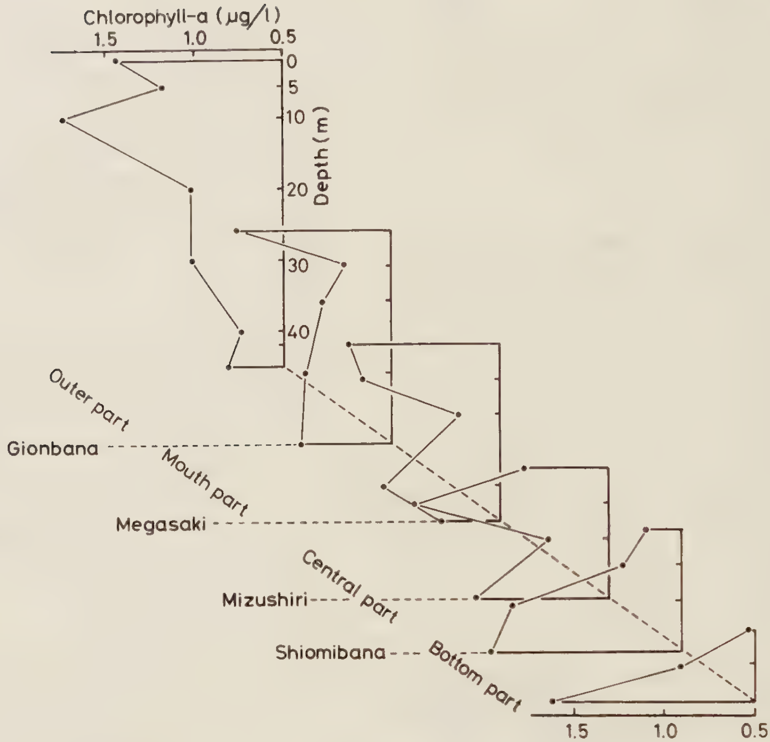


Fig. 15. 湾軸断面におけるクロロフィル a の鉛直分布（1975年5月16日）
The vertical profile of chlorophyll-a along the bay-axis (May 16, 1975).

され，このような水塊配置が当湾の基本構造をなしていると推定される．マダイ仔稚魚は明らかに外海系水に分布の中心を持ち，そのうち一部が海水交換[13]などを通じて湾中央部へも分布を拡げるといえる．マダイ仔稚魚の分布と透明度の分布にしばしば密接な対応が観察されるのは，このような水塊配置に本質的な要因を見出すことができよう．

当湾に出現する動物プランクトン，とくにかいあし類の分布を詳しく調べた上田[52]は，それらの分布状態より当湾は大きく沿岸的水域と内湾的水域に分けられ，両者の境界はほぼ潮見鼻と飯田鼻を結んだ水域にあると述べている．一方，カタクチイワシ卵をはじめ湾外産卵種の魚卵は，女鹿埼と長手ノ鼻を結んだ水域を境に激減する傾向が認められる．これらの事実は2つの問題を提起している．まず第1は，当湾内における浮遊生物の分布は水塊配置と密接に関連するが，その規定のされ方は各々の生物や発育段階の存在期間に応じて異なる点である．存在期間が数日以内の魚卵の場合には湾口部にほぼ限定されるのに対し，さらに寿命の長いかいあし類の場合には，沿岸性種が湾内深くまで分布を拡げる．このように，各々の生物の存在期間によって，恒流による輸送や潮汐流に伴う海水交換による補給の度合が異なり，分布パターンに明瞭な相違が生じるといえる．第2は，湾中央部水域の位置付けの問題である．当湾の基本構造は3つの水域より成立していることを述べたが，それらが同レベルで，同じタイムスケールのもとに定常的に存在するかについては検討の余地が残されている．湾外における海況や気象などの外部諸条件の変動などによる外海系水の湾内への張り出しの変化により，また，湾内系水の消長により，湾中央部水は著しく影響されると考えられる．したがって，湾中央部は独自の水塊を形成すると考えるよりは，外海系水と湾内系水の接触混合水域としての性格が強く，当湾の基本構造は，上田[52]の指摘のように，外海系水（沿岸的水域）と湾内系水（内湾的水域）より成立しているとも考え

られる．この点は，今後，マダイ仔稚魚の湾内への移入過程とも関連して，さらに深い検討が必要とされよう．

油谷湾に出現する浮遊生活期のマダイ仔稚魚の分布を詳しく調べた森[49]は湾中央部に高密度分布域の存在を認めている．油谷湾では反時計回りの恒流が存在し，湾中央部には渦流域が形成され，湾外から輸送されたマダイ仔魚が集積されるという．このように，浮遊生活期の段階で湾内へ深く移入する事実は，志々伎湾で得られた結果と表面的には異なるが，それは各々の湾の環境構造，とくに水塊配置や恒流パターンの相違に起因するのであろう．稚魚網でよく採集される段階の仔魚（後期仔魚期の前半）は遊泳力の発達が十分でなく，流れの影響を強く受けると考えられ，今後潮流や恒流など種々のタイムスケールの流れと仔魚の分布との関係の解明が待たれる．

5．湾内への移入過程と着底過程に関する論議

沿岸性魚類が個体発生の初期に広く浮遊分散した状態から，沿岸浅海域の成育場へと集合する過程は“接岸回遊”（inshore migration）として，二，三の魚種で明らかにされ始めている[53,54]．九州西岸域で実施された幼稚魚生態調査では，マダイの主な成育場は内湾や浅海域の水深10ｍ前後の砂質〜砂泥底質の場所に形成されると考えられる．志々伎湾においても，底生生活へ移行した稚魚は水深10ｍ前後の湾奥砂底域に集中することが明らかにされている[25]．当湾において，マダイ仔稚魚が湾外や湾口部から湾奥部へと移入する過程は接岸回遊とみなすことができる．

湾外の産卵場で生まれたマダイ仔稚魚が志々伎湾内へ移入する過程は二つに大別される．第１は浮遊生活期の段階で流れによって湾内の幼稚魚成育場まで輸送され，そのままその水域で底生生活へ移行する場合で，“受動的移入過程”と呼ぶことができる．第２は湾外から湾口部で浮遊生活期を経過した仔魚が，稚魚への移行とともに湾奥部の幼稚魚成育場を指向して移入して来る“能動的移入過程”である．マダイ仔稚魚の湾口部中心の水平分布パターンは，当湾では第１の可能性がきわめて小さいことを示唆している．一方，採集個体数は少ないが，全長10㎜を超える浮遊生活期の最終段階にある稚魚が相対的に湾内水域で多く採集される事実は第２の可能性を裏付けている．油谷湾においては，湾中央部に集積されたマダイ仔稚魚はそのまま着底するのではなく，周辺部の浅海域へ分散するような形で底生生活への移行が行われていると報告されている[49]．また，大内・角[47]は引津湾や唐津湾において全長10㎜を超える稚魚は大部分湾奥部で採集されることを報告している．これらの事実は幼稚魚成育場への補給は流れをはじめとする外部条件によってもたらされるのではなく，本質的にはマダイ稚魚の環境選択性に基づいて実現されることを示唆している．

マダイの生活史の中で浮遊生活から底生生活への移行過程，すなわち着底過程は最も著しい生活様式の変化と考えられる．このような生活様式の変化は，仔魚から稚魚への移行という形態上および生理上の諸変化とも密接に関連しており，生残りにとっても重要な意味を持つと推定される．この段階の仔稚魚は稚魚網で採集するには“大き過ぎ”，底びき網では“小さ過ぎ”，また，分布自体がかなり分散的であることとも相まって，採集量がきわめて少なく，生活様式の変化と生残り状態との関係についての量的な検討は困難である．しかし稚魚網および小型底びき網[25]の採集結果より判断して，浮遊生活から底生生活への移行は全長12〜15㎜前後で行われること，底層への生活空間の移行はかなり漸進的で浮遊生活と底生生活とを反復[55]しながら次第に底とのつながりを深めること，また垂直的な分布層の移動は水平的な移動（接岸回遊）と密接に関連するなど，定性的には着底過程のいくつかの側面が明らかにされた．稚魚網で採集された浮遊生活期の仔稚魚量の３年間の比はおよそ１：２：15となる．底びき網で採集される底生生活初期の稚魚量も1977年に前２年に比べ10倍近い値となり，両生活期の仔稚魚の間に相関がみられることが指摘されている[25]．この事実は底生生活期の幼稚魚量にとって浮遊生活期の仔稚魚量は最も重要な条件であることを示唆している．しかし，底生生活への移行に伴う生残りの変化の状態も幼稚魚補給量に重要なかかわりを持つものと考えられる．底生生活期の幼稚魚補給量にとって，浮遊生活期の仔稚魚量はいわば“必要条件”であり，着底時の生残りは“十分条件”とも考えられる．今後，上記の諸知見をもとに，着底前後のマダイ稚魚の適当な採集具と採集方法を工夫し，着底過程がマダイ稚魚の生残りに持つ意味に検討を加える必要がある．

要約

1975年〜1977年に実施された「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」の一環として，マダイを対象に，長崎県平戸島志々伎湾および周辺海域において，稚魚網による浮遊生活期の仔稚魚の採集を試み，次のような結果を得た.

1．口径113cmおよび130cmの稚魚網による傾斜階段びきによって，主として4〜5月にマダイ仔稚魚の採集を行い，1975年には114尾（えい網数217回），1976年には285尾（同159回），1977年には621尾（同33回），合計1020尾（同409回）のマダイ仔稚魚を得た.

2．浮遊生活期の仔稚魚の当湾周辺における出現量の年による変動はかなり大きく，調査を実施した3年間ではおよそ1：2：15であった.

3．採集された仔稚魚の約半数は全長3mm台で，次いで4mm台が多く，7mm以上の各全長群の仔稚魚はいずれも全体の1％未満であった．3年間に採集された全仔稚魚1020尾の平均全長は4.0mmであった.

4．稚魚網で採集された最大全長の個体は13.9mmで，他の調査結果と併せて考えると，マダイは全長14〜15mmで浮遊生活を終えるものと推定される.

5．マダイ仔稚魚の出現する塩分域は主に34.4〜34.6‰とかなり狭い範囲であったが，水温は14〜20℃と比較的広い範囲であった.

6．マダイ仔稚魚の出現する時期は年によってやや異なるが，3月下旬にはすでに少数出現し始め，少なくとも6月上旬まで約3か月近くにわたって出現する．しかし，当海域における仔稚魚の出現盛期は4月下旬〜5月中旬，産卵盛期は4月上旬より5月上旬の約1カ月と推定される.

7．当湾へは九州西岸各地の産卵場に由来する仔魚がかなり長期間にわたって少量づつ補給されていると推定されるが，主要な補給源は平戸島周辺の産卵場であり，比較的短期間にまとめて補給される可能性が推定される.

8．当湾周辺海域ではマダイ仔稚魚は広く分散的に分布するが，湾内での分布は一様ではなく，湾口部中心の分布パターンが認められた．湾内では湾口部から湾奥部へ向かって分布量は顕著に減少するが，その減少度合は漸進的ではなく，段階的な減少が認められた.

9．当湾周辺海域では，湾口部にしばしば高密度分布が観察された．これは湾外の南下流の反流と考えられる地形性の環流によって仔魚が集積された結果と考えられる.

10．湾内におけるマダイ仔稚魚の水平分布と透明度の分布にはしばしば密接な対応がみられた．マダイ仔稚魚は透明度の高い外海系水に多く，透明度の不連続的変化帯を境に減少する傾向がみられた.

11．透明度は当湾の水塊配置を表わす1指標と考えられ，本質的にはマダイ仔魚の分布は，当湾の基本構造と考えられる湾口部・湾中央部・湾奥部の水塊の配置や水塊間の海水交換によって規定されていると推察される.

12．浮遊生活期の仔魚の分布の中心と底生生活期の稚魚の分布の中心との間には水平的にかなりの隔りがあり，マダイの着底は当湾では水平的移動を伴って実現されると推定される.

文献

1）J. Hjort 1914: Fluctuations in the great fisheries of northern Europe viewed in the light of biological research. *Rapp. P.-v. Réun. CIEM*, **20**, 1-228.

2）J. Hjort 1926: Fluctuations in the year classes of important food fishes. *J. Cons. CIEM*, **1**, 5〜38.

3）R. Lasker 1965: Symposium on larval fish biology. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest., Rep.*, **10**, 12-140.

4）A. Savile 1971: Symposium on the biology of early stages and recruitment mechanisms of

herring. *Rapp. P.-v. Réun. CIEM*, **160**, 1-24.
5) B. B. PARRISH 1973: Proceedings of a symposium on fish stocks and recruitment. *ibid*, **164**, 1-372.
6) J. H. S. BLAXTER 1974: The early life history of fish. 765 pp. Springer-Verlag.
7) J. C. MARR 1956: The "critical period" in the early life history of marine fishes. *J. Cons. CIEM*, **21**, 160-170.
8) R. C. MAY 1974: Larval mortality in marine fishes and the critical period concept. In "The early life history of fish" (ed. by J. H. S. BLAXTER), 3-19, Springer-Verlag.
9) 伊東祐方 1961: 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日水研研報, (9), 1-227.
10) Z. NAKAI 1962: Studies relevant to mechanisms underlying the fluctuation in the catch of the Japanese sardine, *Sardinops melanosticta* (TEMMINCK et SCHLEGEL). *Jap. J. Ichthy.*, **9**, 1-113.
11) 渡辺泰輔 1970: マサバの発育初期における形態・生態ならびに資源変動に関する研究. 東海区水研研報, (62), 1-283.
12) 田中 克 1977: 志々伎湾の環境構造とマダイ当才魚の生産をめぐる問題点. 漁業資源研究会議報, (20), 77-102.
13) 田中 克 1979: マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程について. 水産土木, **16**(1), 47-57.
14) 田中 克 1980: 平戸志々伎湾におけるマダイ幼稚仔の移入過程と海水交換について. 沿岸海洋研究ノート, **17**(2), 118-130.
15) P. E. SMITH, R. C. COUNTS and R. I. CLUTTER 1968: Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. *J. Cons. CIEM*, **32**(2), 232-248.
16) 浜田七郎 1980: 志々伎湾の海況特性. 西水研研報, (54), 141-155.
17) 木曽克裕 1980: 平戸島志々伎湾の海底地形と海底堆積物の特徴. 西水研研報, (54), 135-140.
18) 玉井一寿 1980: 志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—流動. 資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究(特別研究成果シリーズ), 印刷中, 農林水産技術会議事務局.
19) 田中 克 1980: 志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—浮遊生活期の生態. 資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究 (特別研究成果シリーズ), 印刷中, 農林水産技術会議事務局.
20) 北島 力 1978: マダイの産卵と稚魚の量産に関する研究. 長崎県水試論文集, (5), 1-92.
21) 福原 修 1976: マダイ稚仔魚の形態学的研究-I. 鰭の形成について. 南西水研研報, (9), 1-11.
22) 福原 修 1976: マダイ稚仔魚の形態学的研究-II. 初生鱗の発生と生長. 南西水研研報, (9), 13-18.
23) 福原 修 1978: マダイ稚仔魚の形態学的研究-III. 斑紋の形成. (11), 1-8.
24) 田中 克 1975: 稚魚の消化系—消化器官. 稚魚の摂餌と発育 (日本水産学会編), 7-23.
25) 畔田正格・池本麗子・東 幹夫 1980: 志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長. 西水研研報, (54), 259-278.
26) E. H. AHLSTROM, J. D. ISAACS, J. R. THRAILKILL and L. W. KIDD 1958: HIGH speed plankton sampler. *Fish. Bull.*, **58**, 187-214.
27) J. P. BRIDGER 1958: On efficiency tests made with a modified Gulf III high-speed tow-net. *J. Cons. CIEM*, **23**, 357-365.
28) J. W. GEHRINGER 1962: The Gulf III and other high-speed plankton samplers. *Rapp. P.-v. Réun. CIEM*, **153**, 19-22.
29) R. J. H. BEVERTON and D. S. TUNGATE 1967: A multi-purpose plankton sampler. *J. Cons. CIEM*, **31**(2), 145-157.
30) H. BJØRKE, O. DRUGESUND and Ø. ULLTANG 1974: Efficiency test on four high-speed plankton samplers. In "The early life history of fish" (ed. by J. H. S. BLAXTER), 183-200, Springer-Verlag.
31) P. E. SMITH and S. L. RICHARDSON 1977: Standard techniques for pelagic egg and larva

surveys. *FAO Fish. Tech. Pap.*, (175), 1-100.
32) G. I. Murphy and R. I. Clutter　1972: Sampling anchovy larvae with a plankton purse seine. *Fish. Bull.*, **70**, 789-798.
33) R. I. Clutter and M. Anraku　1968: Avoidance of samplers. *Unesco Monogr. Oceanogr. Methodol.*, (2), 57-76.
34) E. H. Ahlstrom　1954: Distribution and abundance of egg and larval populations of the pacific sardine. *Fish. Bull.*, **56**, 82-140.
35) J. P. Bridger　1956: On day and night variation in catches of fish larvae. *J. Cons. CIEM*, **22**(1), 42-57.
36) J. B. Colton Jr., K. A. Honey and R. F. Tempel　1961: The effectiveness of sampling method used to study the distribution of larval herring in the Gulf of Maine. *J. Cons. CIEM*, **26**, 180-190.
37) 長崎県水産試験場　1973: 産卵生態. 東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書 (A, 九州西海域篇), 5-31, 西日本海域栽培漁業事業化推進協議会.
38) 庄島洋一　1977: 稚魚網採集結果からみた九州西海域におけるマダイ稚仔魚の出現状況. 昭和51年度日本水産学会九州支部例会講演要旨集, 5.
9) 九州・山口ブロック水産試験場マダイ種苗生産研究会　1977: マダイ種苗生産技術の現状と問題点. 179pp., 日本水産資源保護協会.
40) 杉本隆成　1975: 浮遊卵稚仔の輸送拡散と沿岸海洋構造. 水産土木, **12**(1), 1-8.
41) 福岡県福岡水産試験場・佐賀県水産試験場・長崎県水産試験場・熊本県水産試験場・鹿児島県水産試験場　1975: 東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書 (A. 九州西海域篇). 1-25, 西日本海域栽培漁業事業化推進協議会.
42) 福岡県福岡水産試験場　1975: 筑前海域におけるマダイ栽培漁業の展開. 24pp.
43) 佐賀県水産試験場・長崎県水産試験場・熊本県水産試験場　1979: 昭和53年度東シナ海栽培漁業放流技術開発事業マダイ共同報告書. 70pp.
44) 庄島洋一　1972: 東シナ海域のスルメイカ-II. 卵・稚仔・産卵場. 西水研研報, (42), 25-58.
45) 小林克一・角　健造・伊藤正博・河辺克己　1974: マダイ栽培漁業資源生態調査. 昭和47年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 45〜66.
46) 佐賀県水産試験場　1980: 佐賀県におけるマダイ放流技術開発調査―天然幼稚仔マダイの生態. 昭和53年度東シナ海栽培漁業放流技術開発事業マダイ共同報告書, 7-10.
47) 大内康敬・角　健造　1979: 卵放流方式による資源培養の可能性について-III. マダイ卵が引津湾に留まる割合と稚仔魚の出現分布. 昭和52年度福岡県福岡水産試験場研究業務報告, 1-6.
48) 沖山宗雄　1965: 佐渡海峡に出現する魚卵・稚仔に関する予察的研究. 日水研研報, (15), 13-37.
49) 森　慶一郎　1980: 油谷湾における浮遊期, 底生生活初期のマダイの生態. 西水研研報, (54), 59-78.
50) 尾形哲男, 他 1979: タイ類特別研究報告. 昭和53年度漁業資源研究会議北日本底魚部会報, 28-68.
51) 上田和夫　1978: 瀬戸内海におけるマダイの補給機構に関する研究―浮遊後期調査. 昭和52年度マダイ特別研究現地検討会資料, 南西海区水産研究所.
52) 上田拓史　1980: 志々伎湾の動物プランクトンに関する研究-I. 1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布. 西水研研報, (54), 171-194.
53) 清野精次・坂野安正・浜中雄一　1977: 若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究-IV. 浮遊期ヒラメ仔魚の輸送機構. 京都府水試報告 (昭和50年度), 16-26.
54) F. A. Creutzberg, A. Th. G. W. Eltink and G. J. van Noort　1978: The migration of plaice larvae *Pleuronectes platessa* into the western Wadden Sea. Physiology and behaviour of marine organisms (ed. by Mclusky & Berry) -12th European Sym. Mar. Biol., 243-251, Pergamon Press.
55) J. B. Marliave　1977: Substratum preferences of settling larvae of marine fishes reared in the laboratory. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **27**, 47-60.

西水研研報 第54号. 昭和55年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 54. Mar. 1980

志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長

畔田　正格・池本　麗子・東　幹夫*

Distribuiotn and Growth of Demersal O-age Red Sea Bream, *Pagrus major*, in Shijiki Bay

Masanori AZETA, Reiko IKEMOTO and Mikio AZUMA

The red sea bream, *Pagrus major* (TEMMINCK et SCHLEGEL), is one of the most important demersal fishes for coastal fisheries in the western seas of Kyushu. A series of investigations on the ecology of O-group red sea bream was carried out in Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.) to clarify the process of recruitment to their original stock during the years 1975 through 1977. The present paper deals especially with the mechanisms of habitat movement of demersal O-group red sea bream in company with their growth and its modifications by population density. Three fishing gears, 6m beam trawl, Gochi trawl and beach seine, were used to sample demersal fishes. The juveniles and youngs of red sea bream were counted, measured and weighed. Some of them were dissected for stomach contents examination.

In the present bay, the early demersal stage juveniles (10-20mm in fork length) were caught from early May. They then gradually concentrated in the region of sandy bottom of inner part of the bay, where their food Gammaridea was abundant. They fed voraciously on Gammaridea and grew at the rate about 0.7mm in fork length per day, and attained to the young stage (about 40mm in fork length) in middle June.

In July they began to extend their habitat toward sandy bottom area in the central part of the bay and neighbouring area of *Zostera* and *Sargassum* zones. By extending their habitat Caprellidea, Mysidacea and others were added to their food items. In August, they reached 70-90mm in fork length and fed on large-sized Mysidacea and Gammaridea. Changes of feeding habits led the youngs of red sea bream to the central part of the bay where Mysidacea were abundant.

昭和55年1月10日受理 (Received January 10, 1980)
西海区水産研究所業績 第369号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 369)
* 長崎大学教育学部 (Faculty of Education, Nagasaki University)

In middle August, the majority of them emigrated to the outside of the bay in search of more suitable food resources and for wintering. However, some of them remained in the bay even in winter. This remaining phenomena seemed to indicate the oceanic characteristics of the present bay.

On the sandy bottom of the inner part of the bay, the youngs of red sea bream were one of the most dominant fish species in June and July. Although they ate almost all food organisms available, the preference for Gammaridea was noticed. There was positive correlation between the density of O-group red sea bream and the biomass of Gammaridea there on the sandy bottom of the inner part of the bay.

In 1977, the density of O-group red sea bream increased up to 8 times of the amount of the preceding 2 years. Youngs of red sea bream expanded their habitat from sandy bottom of the inner to central part, *Zostera* and *Sargassum* zones where the availability of food organisms were relatively low. Further, size of fish and fatness in 1977 year class decreased considerably as compared with that of preceding 2 year classes. These results revealed the flexibility of O-group red sea bream in their habitat use with good capability for survival.

魚類は発育に伴って生息場所や餌生物をかえ，環境とたくみに対応しながら生活している[1]．この成長に伴う生活様式の変化の機構を解明することは，魚類個体群の変動や生産の問題を考える基礎として極めて重要である．マダイの適切な資源管理方策を検討し，さらには種苗放流などの人為的な手段を講じて資源の培養をはかるためにも，資源変動をひきおこす可能性の高いマダイ幼期の生活様式の変化の機構を明らかにする必要がある．

立石[2]は九州西海域における底生生活期マダイ当歳魚の生態に関する知見を総合し，尾叉長12～18mmを境に底生生活に移行したマダイ当歳魚は内湾および外海に面した湾入部や州周辺など多様な生息場所に分布していることを明らかにするとともに，成長に伴い次第に分布域を拡大し，9月以降徐々に越冬場へ移動する過程を報告している．しかし，生息場所の相違や成長に伴う底生生活期のマダイ当歳魚の生活様式の変化の機構についてはふれていない．一方，田中[3]は湾外で産卵されたマダイ仔稚魚が発育・成長に伴って湾口部水域に集積され，次いで湾奥部水域に集まってくる機構を明らかにしている．本報告では志々伎湾の湾奥部水域に集中してきたマダイ当歳魚の成長に伴う生息場所の移動の過程とマダイ自身の分布密度の変動によるその変化を把握するとともに，それらの生活様式の変化の機構を主として餌をめぐる諸側面から検討したので報告する．

この研究は，1975年から1977年にかけて農林水産技術会議が実施した特別研究「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」の一環として，志々伎湾において実施されたものである．調査・研究の遂行に当って多大な御配慮をいただいた西海区水産研究所上村忠夫前所長（現北海道区水産研究所長），林　知夫元所長（現広島大学教授）に謝意を表する．また，この志々伎湾における研究の方向づけをされ，本研究の実施に当って終始懇切な指導と激励を惜しまれなかった伊東祐方前底魚資源部長（現東海区水産研究所資源部長）および最首光三前室長（現日本海区水産研究所資源部長）に深く感謝する．「マダイ特別研究志々伎グループ」の各位には研究を進める過程でたえず討論や批判をいただくとともに野外調査に際して献身的な御協力をいただいた．西海区水産研究所下関支所の花渕信夫第2研究室長はじめ油谷湾で研究を行われたグループの方々からは貴重な情報と御好意あふれる助言をいただいた．また志々伎漁業協同組合栗山重夫前組合長はじめ組合員の皆様には現地での生活を含む野外調査に絶大な御協力と御支援をいただいた．さらに，本城康至底魚資源部長，三尾真一第3研究室長および安楽正照浮魚資源部第2

研究室長には原稿を校閲していただき，種々御教示をたまわった．以上の方々に衷心から厚く御礼申し上げる．最後に志々伎湾における研究に深い関心をはらわれ，物心両面にわたって御援助いただいた西海区水産研究所の各位に謝意を表する．

方　　法

志々伎湾における定期的なマダイ当歳魚の採集は1975年 4月から1977年 8月にかけ，1年目は周年，2，3年目はマダイ当歳魚の来遊期である5〜8月を中心にほぼ月1回の割合で小型底びき網（以下底びき網とする，T-1〜8)，一そう吾智網（以下吾智網とする，G-1〜11）および地びき網（B-1〜3）を用いて

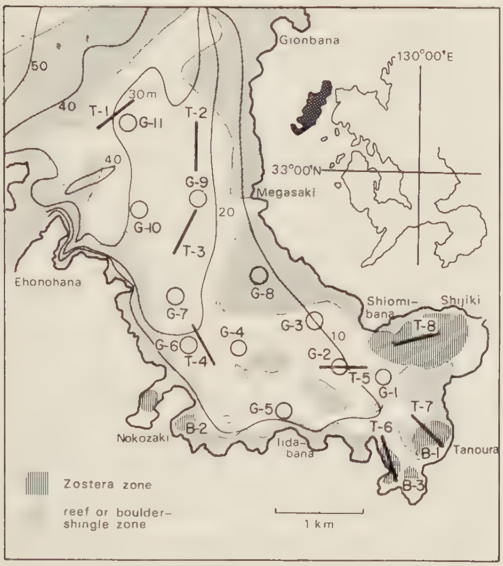


Fig. 1. 志々伎湾の海底地形と底びき網，吾智網および地びき網による採集定点
General topographic map of Shijiki Bay and sampling stations by beam trawl (T-1〜8), Gochi trawl (G-1〜11) and beach seine (B-1〜3).

Fig. 1に示す定点において行った．底びき網は昼間は全点において，夜間は特定定点（T-1，4，5，7）において採集を行ったが，吾智網と地びき網は原則として昼間に採集を行った．底びき網（Fig. 2）は張竹 6m，ヘッドロープ長 9m，網丈2.1m，袋網部網目 3mmで約2ノットの10分びきを行った．吾智網（Fig. 2）はヘッドロープ長24m，網丈 6m，袋網部網目 3mm，片側のひき綱223m（網よりの158mは18m間隔で4分チ

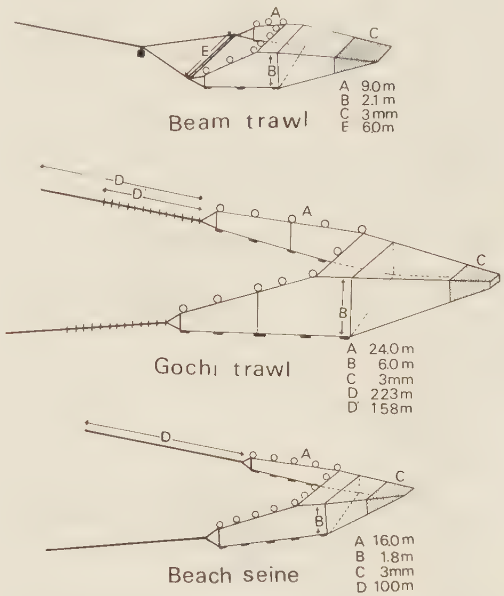


Fig. 2. 採集に用いた底びき網，吾智網および地びき網
Beam trawl, Gochi trawl and beach seine used for sampling.
A: length of head rope, B: height of net, C: mesh of cod end, D: length of towing rope, D: length of towing rope with scare, E: length of bamboo beam

ェーン33〜35個をはさみ，黄色のプラスチック繊維製のおどしを装着）で直径約150mの円状にロープと網を展開した後，ローラーでロープをたぐりながら“おどし”で魚を網に追いこんで漁獲を行った．1回の操業時間は約15分であった．地びき網（Fig. 2）はヘッドロープ長16m，網丈1.8m，袋網部網目 3mm，ひき綱は片側100mで通常4人で採集を行った．定期的な採集の他に，湾奥部におけるマダイ当歳魚の微細な分布状態を把握するため，1977年6月と7月に湾奥部14定点（Fig. 7 参照）においてそれぞれ底びき網および吾智網による採集を行うとともに同一地点においてスレッジネット（NUS ネット[4]）を用いて餌料ベントスを採集した．採集物は約10%中性ホルマリン液で固定

後研究室に持ち帰り，魚類やベントスの同定を行った後体長・体重を測定した．微細分布調査で得られたマダイ当歳魚は胃内容物重量と組成を調べ，ベントスの分布状態と比較した．胃内容物調査に際しては綱または亜目の段階まで分類して出現個体数を計数し，NUSネットによって採集された餌料生物の体重を乗じて各餌料項目ごとの重量を求めた．

結　　　　果

1．成長に伴う生息場所の変化

1975年，1976年および1977年の5月から8月にかけ志々伎湾内で採集されたマダイ当歳魚の採集時期別の尾叉長組成を Fig. 3 に示す．底生生活への移行期または着底直後[3] の尾叉長10〜20㎜のマダイ稚魚は毎年

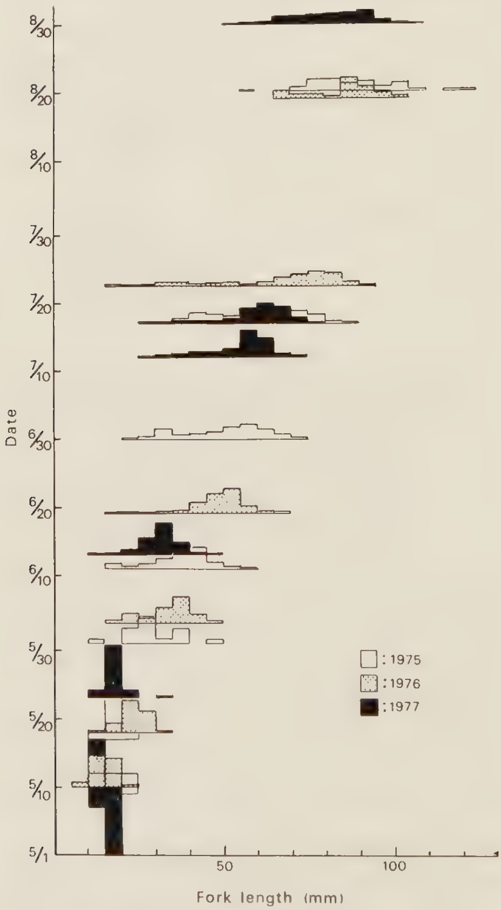


Fig. 3. 採集されたマダイ当歳魚の尾叉長組成（1975〜1977年）
Fork length composition of 0-group red sea bream caught during the period from 1975 to 1977.

5月上旬に採集され始め，その後8月まで急速に成長する．湾内での経過日数と尾叉長との間の関係にはほぼ直線的な傾向がみられる．尾叉長10〜20㎜の稚魚の加入は5月上旬から6月中旬まで続くが，1977年の場合他の2年に比べてその期間がやや長い．加入初期のマダイ稚魚の尾叉長の個体差は小さく単峰型の単純な組成を示しているが，6〜7月には体長範囲が拡がり，二，三峰型のものも含む複雑な組成となる．これは加入群が複数であることや同一加入群内でも成長が一様でないことなどによるものであろう[5]．3年間の同時期の組成を比較すると，分布密度が他の2年に比べて約8倍高かった1977年[6] の場合は，他の2年に比べて魚体の大きさや個体差が小さい傾向が認められた．

志々伎湾内におけるマダイ当歳魚の分布状態をみるため分布密度がほぼ平年並と考えられる1976年の5月から8月にかけての底びき網と吾智網による採集結果を Fig. 4 に示す．Copepoda を多く摂取している[7] 尾叉長10〜20㎜の底生生活への移行期ないしは着底直後のマダイ稚魚は5月上旬に小数個体が湾内の広い範囲で底びき網によって採集され始める．この時期には採集個体数や魚体の大きさには昼夜による差や採集地点による差は認められない．5月下旬には Gammaridea の摂取量が増えてくる尾叉長20〜30㎜の大きさ[7] となり，底びき網による採集状況からみると，Gammaridea の分布量の多い湾奥細砂域[8] への集中傾向や昼間に比べて夜間の採集量が多くなる傾向が出始めている．吾智網による採集量はこの大きさまでは少なく，底びき網で採集されたものの魚体の大きさにも採集地点や昼夜による差はみられない．

6月上旬には尾叉長30〜40㎜となり，吾智網の採集量は急速に増加し，底びき網のそれにほぼ匹敵するようになる．底びき網の採集量の昼夜差は明瞭となり，昼間の採集量は夜間の¼〜⅕に過ぎない．また，大型個体の湾奥細砂域への集中傾向が明瞭となってくる．



Fig. 4. マダイ当歳魚の分布（1976年５月～８月）
Distribution of 0-group red sea bream from May to August, 1976.
▲ : beam trawl sampling stations, × : Gochi trawl sampling stations, black circle: catch by beam trawl, white circle: catch by Gochi trawl, numerals in parentheses: mode in fork length composition.

尾叉長30㎜前後を境として底びき網の採集量の昼夜差が大きくなったり吾智網の採集量が上昇するのは，この時期に感覚器官や遊泳力などの生理的な機能が急激に発達し，底びき網に対する昼間の回避能力が上昇したり，吾智網のおどしの効果が発揮されるようになったためであろう．６月中～下旬には尾叉長は50㎜前後となり，底びき網による昼間の採集量はさらに減少する．吾智網による採集結果からみると，この時期の主食である Gammaridea の多い湾奥細砂域にマダイ当歳魚が集中して分布している状態が極めて明瞭に示されている．また採集地点別の尾叉長組成を比較すると (Fig. 16参照)，湾奥部には大型個体の多い傾向がみられる．

７月中旬尾叉長70～80㎜になると湾奥細砂域における集中度は低下し，湾中央部やガラモ場周辺にも生活領域を拡げる．この集中から分散への過程は Gammaridea 主体の食生活から Mysidacea, Caprellidea, Polychaeta を含む餌内容の多様化[7] と対応している．尾叉長組成をみると（Fig. 16参照），ガラモ場周辺（Fig. 1，G-8）で大型個体の比率が高い．

８月中旬には尾叉長は90㎜前後となり，遊泳力の強い大型の Mysidacea や Gammaridea, Ophiuroidea などを摂る割合が増えるにつれ[7]，生息場所も湾奥部からそれら餌生物の多い[4] 湾中央部へ移り，さらには湾外へ逸散するものと考えられる．魚体の大きさを比較すると，湾奥部に分布しているものより湾中央部に分布しているものの方が大型である傾向がみられた．このことは湾奥部から湾中央部へ，さらには湾外への逸散の過程がマダイ自身の成長に伴う好適な環境を求めての自律的な動きであることを示唆している．

以上述べてきたような志々伎湾におけるマダイ当歳魚の加入（５月），湾奥細砂域への集中（６月），生活領域拡大（７月）および逸散（８月）の基本的な諸過程は分布密度などの変化によって年により多少の変動はみられたが，３年間の調査期間を通じて毎年観察された．この湾奥集中期，生活領域拡大期および逸散期



Fig. 5. マダイ 0～1 歳魚の分布（1976年2月～8月）
Distribution of 0～1 group red sea bream from February to August, 1976.
Numerals in circles: Ind. No/haul (Gochi trawl).

は立石[2]の述べている沿岸水域での小移動により生活領域を拡大する成育期に含まれている．

周年にわたって採集を行った1975年級群の8月以降の分布状態を追跡すると，9月から12月にかけ分布量には減少傾向がみられるが，時には8月以前に匹敵するようなマダイ当歳魚が湾奥部を中心に採集された．さらに水温の最低期にあたる1～3月にも湾中央部の岩礁域を中心にマダイ当歳魚が越冬していることが確認された（Fig. 5）．この志々伎湾内での越冬現象には田中[9]が主張しているように外海的性格が強く沿岸域の凹みとして位置づけられている志々伎湾の環境特性が如実に反映されているものと考えられる．4月に入り1歳魚となったマダイは湾奥部へも分布域を拡げ，5月から7月にかけては湾奥部を中心に湾内の広い範囲で採集される．その後8～9月を境に大部分のものは湾外に去るようで，1.5歳以上の個体は散発的にしか採集されなくなる．

このように志々伎湾においては底生生活に移行してから湾外に逸散するまでマダイ当歳魚は湾奥細砂域を主たる生活の場としているが，この主生息場で採集されたものと湾口部や湾中央部で採集されたものの栄養状態を検討するため尾叉長と体重の関係を比較した．湾奥細砂域（吾智網採集定点：G-1，2；底びき網採集定点：T-5）とその他の水域に2大別し，6月と7月に両水域で採集されたマダイ当歳魚の尾叉長および体重を対数に変換した後共分散分析法に基づいて回

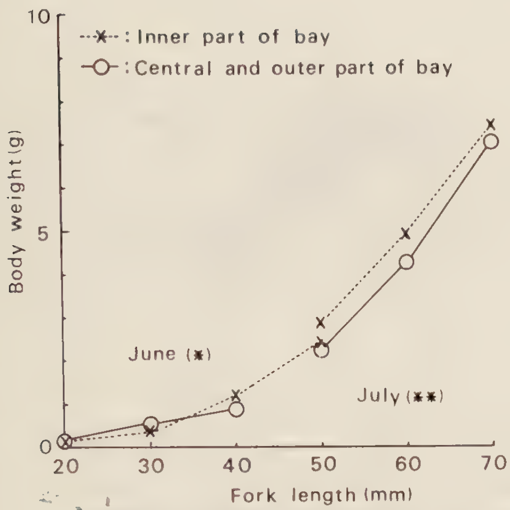


Fig. 6. 湾奥部およびその他の水域で採集されたマダイ当歳魚の尾叉長—体重関係の差異（1976年6月および7月）
Difference in fork length-weight relationship between 0-group red sea bream caught in the inner part of the bay and specimens caught in other part of the bay (June and July, 1976).
*, **: level of significance in 5% and 1%, respectively, ( ): the significant difference in the slope.

帰直線の傾斜と高さを比較した．湾奥集中期の6月には高さに5%水準で，生活域拡大期には傾斜に1%水準で有意差が認められた．回帰直線から求められた6月と7月の湾奥部水域とその他の水域の平均的な尾叉長—体重関係を Fig. 6 に示す．全体として湾奥細砂域で採集されるマダイ当歳魚は同一尾叉長の他の水域のものに比べて重い傾向が認められる．その差は6月ではあまり目立たないが，生活領域を拡大する7月には同一体長（尾叉長50〜70mm）で0.5g 前後に達している．このことは湾口部や湾中央部に比べてこの時期の主食である Gammaridea の分布量の多い湾奥細砂域がマダイ当歳魚にとってくらしやすい場所であることを示しているものと考えられる．

マダイ当歳魚の成育場におけるアマモ場の重要性は古くから指摘されており[10]，立石[2] や福岡水試[11] もアマモ場域にマダイ当歳魚が高密度に分布している例を報告している． 志々伎湾には湾奥部を中心に約90haにのぼるアマモ場が存在している[4]． このアマモ場でのマダイ当歳魚の分布状態を底びき網（T-6， 7，8）と地びき網（B-1， 2， 3）によって周年にわたって調査した．1回の操業がアマモ場だけに限らずその周辺にもおよぶ底びき網の場合には，Fig. 4（T-6，7，8）に示したように，時により多少採集されることもあるが，細砂域に比べると量的にははるかに少ない．一方，アマモ場内の魚類のみを採集することを目的とした地びき網採集では，5〜8月を中心に周年にわたり51回のひき網を行ったが，7月に尾叉長73mmのものが田の浦（B-1）で1尾採集されただけであった．また，地びき網採集の際やその他随時行った潜水観察によっても濃密なアマモ場内ではマダイ当歳魚は観察されなかった．このようなことから瀬戸内海の細ノ州の場合と同様[12]，志々伎湾ではアマモ場は成育場として直接的には利用されていないものと考えてよいものと思われる．志々伎湾におけるマダイ当歳魚の主要餌料である Gammaridea は，後に述べるように砂底域に劣らずアマモ場にも多く分布しているが，マダイのように海底上の餌をついばんでとる摂食様式を持っているものにとっては密生したアマモ場のような Gammaridea のかくれ場の多い生息場は隣接する砂底域に比べて利用しにくいに違いない．海域間にみられるアマモ場の利用度の相違はアマモ場をとりまく他の諸生息場との位置や広さなどの相対的な関係とマダイの幅広い生活様式が総合された結果であろう．志々伎湾におけるアマモ場の効用は田中[9] も述べているようにデトライタス形成を通じて餌料ベントスの生産に結びつき間接的にマダイ当歳魚の生活に関与しているところにあると考えられる．

2. 湾奥部におけるマダイ当歳魚の分布様式

マダイ当歳魚は成長に伴って餌料生物の多い湾奥部に集中してくるが，この major habitat[8] としての湾奥部内での分布様式を検討するため，マダイ当歳魚の分布密度の高かった1977年の湾奥集中期（6月中旬）と生活領域拡大期（7月中旬）に湾奥部に14定点を設け底びき網（6月中旬）と苔網による細密な採集を行った．6月の底びき網による採集結果による（Fig. 7）と，マダイ当歳魚は全採集魚のうちの25%を占め，サビハゼ(26%)とともに最も分布量の多い種類となっている．生息場所別にみると，アマモ場ではアミメハギ，アオタナゴ，クダヤガラ，ヒガンフグなどが，ガラモ場ではササノハベラ，オハグロベラなどのベラ類やハオコゼなどが主体となっており，この両水域では

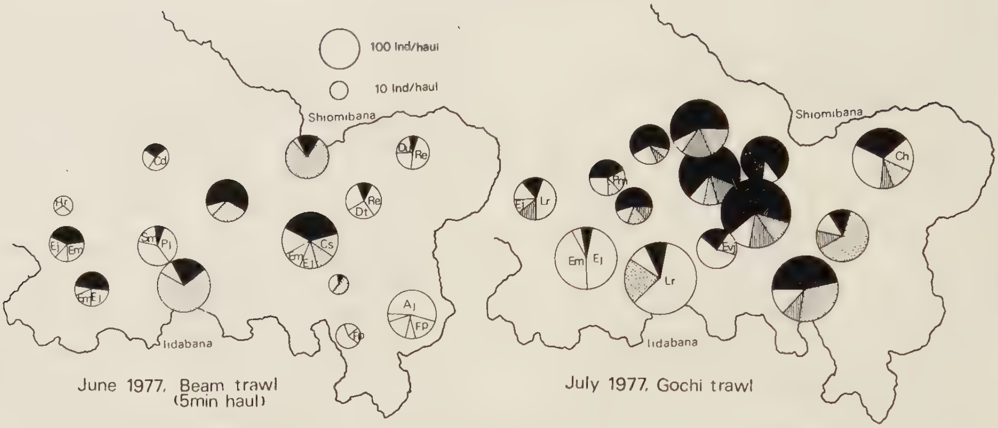


Fig. 7. 湾奥部の魚種組成（上図：1977年６月，底びき網採集；下図：1977年７月，吾智網採集）
Species composition of the fish community in the inner part of the bay caught by beam trawl in June (upper) and caught by Gochi trawl in July (lower), 1977.
■: *P. major*, ▨: *Sagamia geneionema*, ▥: *Upeneus bensasi*, Em: *Etrumeus micropus*, Ej: *Engraulis japonica*, Aj: *Aulichthys japonicus*, Lr: *Leiognathus rivulatus*, Pm: *Pagrus major* (1 group), Evj: *Evynnis japonica*, Cd: *Calliurichthys dorryssus*, Dt: *Ditrema temmincki*, Dv: *Ditrema viridis*, Pj: *Pseudolabrus japonicus*, Ch: *Chaenogobius heptacanthus*, Cs: *Chaeturichthys sciistius*, Sm: *Sebastiscus marmoratus*, Hr: *Hypodytes rubripinnis*, Re: *Rudarius ercodes*, Fp: *Fugu pardalis.*

マダイ当歳魚の採集量は極めて少ない．砂底域ではマダイ当歳魚を筆頭に湾奥寄りではサビハゼ，湾中央部寄りではカタクチイワシとウルメイワシなどが多く採集された．７月の吾智網による採集結果をみる（Fig. 7）と，マダイ当歳魚は全採集魚類のうち２位のサビハゼの16.5%を大きく引き離して44%を占め数の上で圧倒的に優位に立っている．このマダイ当歳魚は湾奥の砂底域を中心に分布しているが，６月の場合とは異なり周辺域を含むアマモ場やガラモ場でも採集量は多い．アマモ場にはマダイ当歳魚の分布量の少なかった1976年の分布状態との相違は後に述べるようにマダイの分布密度の差異に由来するものであろう．マダイ当歳魚に次いで砂底域ではサビハゼ，オキヒイラギ，イワシ類などが，アマモ場ではニクハゼやサビハゼが，ガラモ場ではマダイ１才魚やチダイの０～１才魚が目立った存在となっている．このように６月から７月にかけマダイ当歳魚は湾奥砂底域を中心とする魚類群集の中で，数の上で最も dominant な種として生活しているが，底質の中央粒径値で区分された同じ細砂域[13]内でもマダイ当歳魚の分布密度には６，７月とも10倍前後に達する大きな変動がみられ，潮見鼻沖の湾奥中央部の密度が最も高い（Fig. 8）．マダイ当歳魚の分布密度を規定する要因としては餌生物をめぐる直

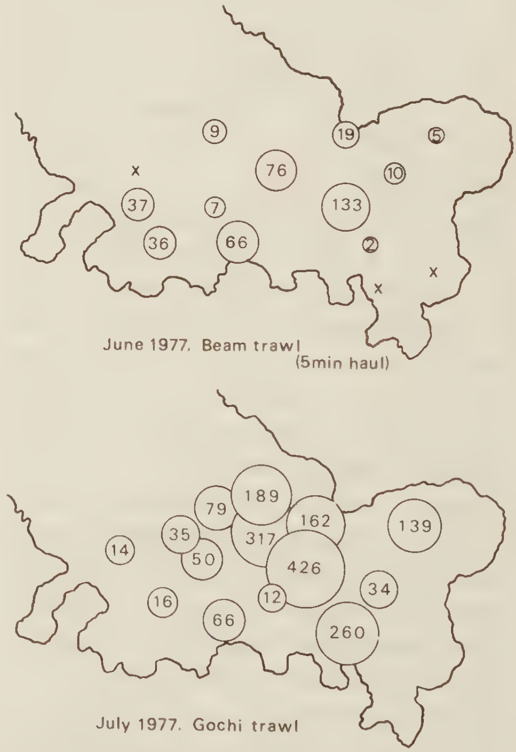


Fig. 8. 湾奥部におけるマダイ当歳魚の分布
（1977年６月および７月）
Distribution of 0-group red sea bream in the inner part of the bay in June (beam trawl, upper) and July (Gochi trawl, lower), 1977.
Numerals in circles: Ind. No/haul.



Fig. 9. 1977年6月に湾奥部で採集されたマダイ当歳魚の胃内容物組成（重量%）
Weight composition of stomach contents of 0-group red sea bream caught in the inner part of the bay in June, 1977.
Size of circle indicate the feeding rate.
■: Gammaridea, ▥: Mysidacea, ▨: Copepoda, □: Others.

接的・間接的諸関係が考えられるが，ここでは餌生物に対する選択性，餌生物の分布状態との関係など直接的な関係を検討した．

Fig. 9 に6月に底びき網で採集されたマダイ当歳魚の胃内容物の重量組成を示す．摂取されていた餌料生物は13項目におよぶが，主要な餌生物は Gammaridea, Mysidacea および浮遊性の Copepoda で，Polychaeta や Caprellidea がこれらに次いでいる．餌料組成は近接する定点間でも大きな変動がみられ，マダイ当歳魚が幅広い食性を持っていることとともに餌料生物の分布状態が一様でないことを示唆している．Gammaridea は最も多く摂取されている餌生物で，湾奥中央部では全餌生物の64～81%を占めており，摂取量の地域差も比較的小さい．Mysidacea は湾中央部寄りやアマモ場での摂取量が多いのに対し，Copepoda, Polychaeta, Caprellidea は南岸寄りの定点での摂取割合が多くなっており，この水域では餌内容が多様化している．摂餌率（〔胃内容物重量/体重〕×100）は2.5～5.1%の範囲にあり，南岸寄りの定点で大きい値を示している．

このように食性に関して幅広い融通性を示すマダイ当歳魚の食物選択を検討するため，主要餌料の生息環境中での分布量とマダイ当歳魚の胃内でのその餌料生物の出現量の関係を Fig. 10に示した．Mysidacea の分布量は0.4～5.7g/15㎡の範囲にあり，1g/15㎡以

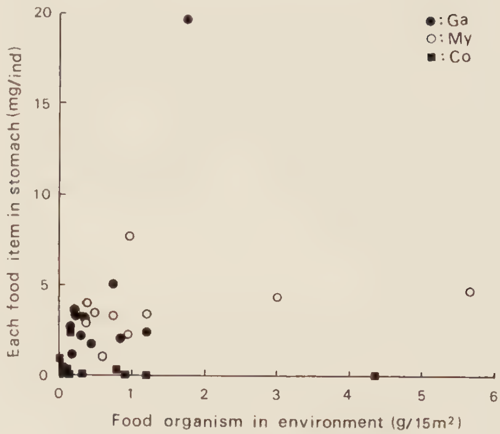


Fig. 10. 生息環境中の餌料生物量と摂取量の関係（1977年6月）
Relation between the amount of food organisms in the environment and that in the stomach of 0-group red sea bream.
Ga: Gammaridea, My: Mysidacea, Co: Copepoda.

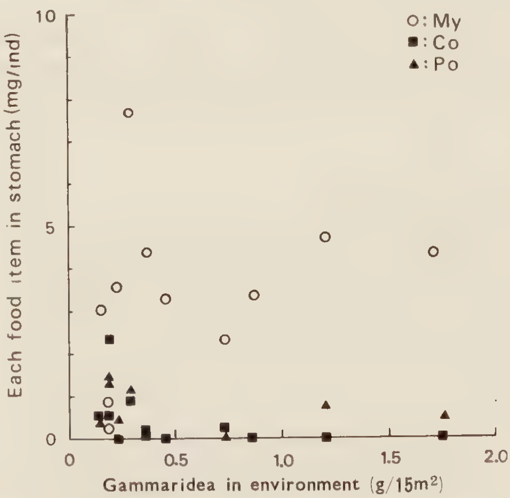


Fig. 11. 生息環境中の Gammaridea 量と各餌料生物の摂取量の関係（1977年6月）
Relation between the amount of Gammaridea in the environment and the amount of each food items in the stomach of 0-group red sea bream (June, 1977).
My: Mysidacea, Co: Copepoda, Po: Polychaeta.

下の場合は分布量の増加につれ摂取量も増加する（最高1個体当り8mg前後）が，分布量が 1g/15㎡ 以上になっても摂取量は増加しない．Copepoda の場合は

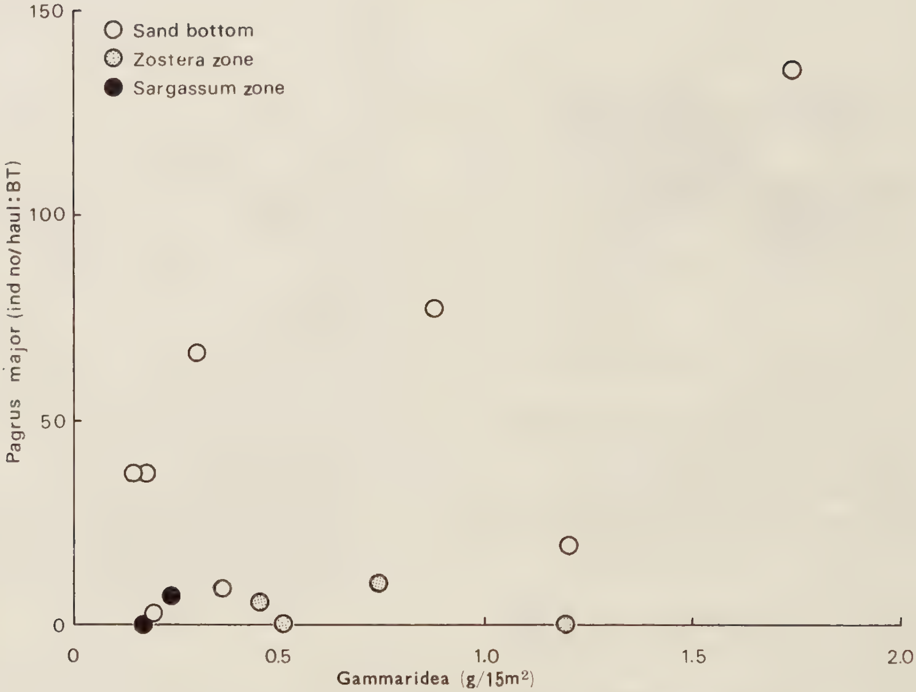


Fig. 12. 生息環境中の Gammaridea 現存量とマダイ当歳魚の分布量の関係（1977年6月）
Relation between biomass of Gammaridea in the environment and the abundance of 0-group red sea bream caught by beam trawl.

環境中での分布量が増加すると摂取量はかえって減少する傾向がみられる．一方，Gammaridea の分布量の変動幅は前2者に比べて小さく 0.2〜1.8g/15㎡の範囲にあり，分布量が増加すると摂取量も増加する傾向を示し，最高値は1個体当り 20mg 近くに達している．つまり，Gammaridea は Mysidacea や Copepoda に比べてマダイ当歳魚にとって餌としての価値が高いことを示しているものと考えられる．これらのことは時間的な尺度でみた場合，摂餌活動の日周期が Gammaridea の出現状況と対応していること[14] と符合している．

つぎに，Fig. 11に生息環境中に出現する Gammaridea の重量とその時にマダイ当歳魚の胃内にみられる Mysidacea, Copepoda および Polychaeta の重量との関係を示した．Gammaridea の分布量が増加するとその摂取量も増加することを Fig. 10に示したが，Fig. 11 では Gammaridea の分布量が増加すると Copepoda や Polychaeta の摂取量は減少する傾向を示している．言い換えるとこれら2種類の餌生物は Gammaridea の分布量の少ない時の補助的な餌料としての役割の性格を持っていることを示し，Gammaridea に対するマダイ当歳魚の選択的摂取傾向を裏づけている．

マダイ当歳魚が選択的摂取傾向を示す Gammaridea の分布密度とマダイ当歳魚の分布密度の関係を Fig. 12 に示す．ガラモ場では Gammaridea，マダイ当歳魚とも分布量は少なく，アマモ場では Gammaridea の分布量は比較的多いにもかかわらず，マダイ当歳魚の分布量は少ない．これらのガラモ場およびアマモ場を除いた砂底域では Gammaridea 分布量の多いところにマダイ当歳魚も多い傾向が認められ，マダイ当歳魚が最も多く分布していた湾奥中央部の潮見鼻沖の Gammaridea 分布密度は 1.75g/15㎡ に達している．このようなマダイ当歳魚の嗜好する Gammaridea の分布密度とマダイ当歳魚の分布密度が対応していることは，砂底域の魚類群集の中でサビハゼなどの他の

魚類に優先して Gammaridea を摂取していることを暗示しているものと考えられる.

平井[15] はニゴロブナの仔稚魚が餌生物を通して水生植物帯と結びついていることを示している. また, 大森[16] はマコガレイの生息密度が成長に伴って選択的に捕食する餌生物の分布密度と密接な関係があることを見出し, 生息場の選択に食物が深くかかわりあっていることを明らかにしている. マダイ当歳魚も湾奥の砂底域で主要餌料である Gammaridea を積極的に選択摂取するとともに Gammaridea の分布量の多い場所にとどまろうとする傾向を示している. このことは Major habitat のレベルでみられる Gammaridea 分布量の多い湾奥部への集中傾向や今林[17]が瀬戸内海の細ノ州で観察したマダイ当歳魚と Gammaridea の分布量の変動様式が時期的に対応している結果などとも適合しており, マダイ当歳魚の分布密度を規定する要因の中での餌 (とくに Gammaridea) の分布状態の重要性を示している. また, 潜水観察によるとマダイ当歳魚の分布密度の最も高い潮見鼻沖細砂域内のさらに微細な (10m単位) 分布様式にも大きな片寄りがみられ[14], マダイ当歳魚の分布の機構を把握するにはこのレベルでの検討も必要であろう.

3. マダイ当歳魚の生活の諸側面の変化と分布密度の関係の検討

1975, 1976および1977年の3年間の調査期間中志々伎湾に来遊したマダイ当歳魚の資源量の相対比は吾智網による採集結果では1：1：7, 底びき網によると2：1：15となり[6] 湾内のマダイ当歳魚の密度には大きな変動がみられた. 年次間の生息場所や成長などマダイ当歳魚の生活の諸側面の変化を把握し, 密度との関係を検討することは, 志々伎湾におけるマダイ当歳魚の生活様式の変化の機構や収容力を考察する際大きな手がかりになるものと考えられる.

生息場所の変化をみるため年別, 月別に底びき網と吾智網による湾口中砂域, 湾中央極細砂域, 湾奥細砂域, アマモ場およびガラモ場におけるマダイ当歳魚の採集結果を Fig. 13に示す. 底びき網の採集結果をみると, マダイ当歳魚の主生息場である湾奥細砂域の1977年の密度は1975, 1976年に比べて約10倍に上昇し, 密度の低かった前2年には分布量の少なかったアマモ場や湾中央部の細砂域へも生活領域を拡げる傾向が認

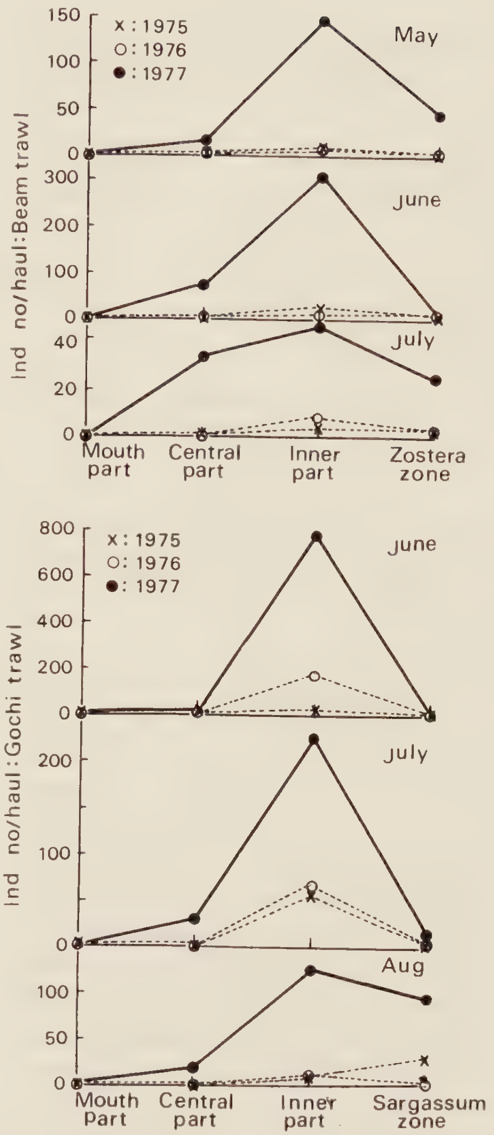


Fig. 13. 密度増加に伴うマダイ当歳魚の分布状態の変化
Changes in distributional pattern of 0-group red sea bream with the increase of their density.

められる. 吾智網による採集結果によっても, 湾奥細砂域の密度が高まるとガラモ場や湾中央極細砂域でのマダイ分布量が増加する傾向がみられる. しかし, 分布中心域やそれに次ぐ生息場所の密度が高まっても湾口部中砂域の利用度は低く, マダイ当歳魚にとって海水の流動の停滞する凹みが必要なことを示唆してい

る.

年次間の魚体の大きさを比較するため，各採集時別に平均尾叉長を求め Fig. 14に示した. 5月上旬では

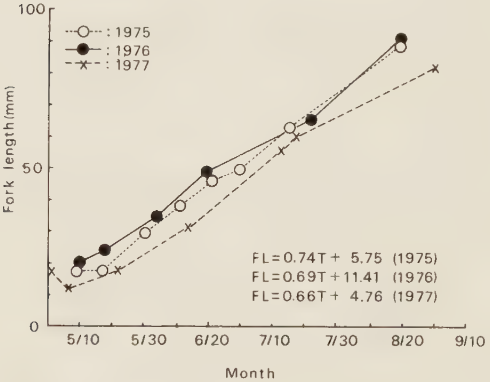


Fig. 14. マダイ当歳魚の平均尾叉長（1975〜1977年）
Mean fork length of 0-group red sea bream 1975〜1977. FL: fork length, T: days from May 1st.

3年とも15〜20㎜の範囲にあり大きな差はみられないが，6月中旬の湾奥集中期には分布密度の高かった1977年は1975，1976年に比べて10〜15㎜小さく，同一尾叉長を比べると10日から2週間成長が遅れている. その後やや差は小さくなる傾向はみられるが，逸散期にあたる8月中下旬では同一尾叉長を比べると20日程度成長に遅れがみられる. このような発生年による魚体の大きさの変化は，密度との関係にはふれられていないが，マダイ当歳魚の分布量の多い新宮地先でも認められている[11]. 5月中旬から8月までマダイ当歳魚が湾内で過した日数と尾叉長の間にはほぼ直線関係が認められるので最少自乗法により一次回帰式を求めた（Fig. 14）. 比例係数を成長率とみなすと1975，1976，1977年の湾内での1日当りの平均成長量はそれぞれ0.74，0.69，0.66㎜となり，成長率には大きな差はないが，1977年の値は最も低い. また，これらの値は大村湾（0.87）や天草上島（0.85），瀬戸内海の細ノ州（1.08〜1.25）など内湾域の値[18]に比べてかなり低い. これは志々伎湾の開放的な環境特性が総合的にマダイ当歳魚の成長に影響を及ぼした結果であろう.

先に述べた共分散分析法に基づいて1976年と1977年の湾奥細砂域で採集されたマダイ当歳魚の尾叉長—体重関係を比較したところ，湾奥集中期の6月および生活領域拡大期の7月には傾斜にそれぞれ5％水準で有

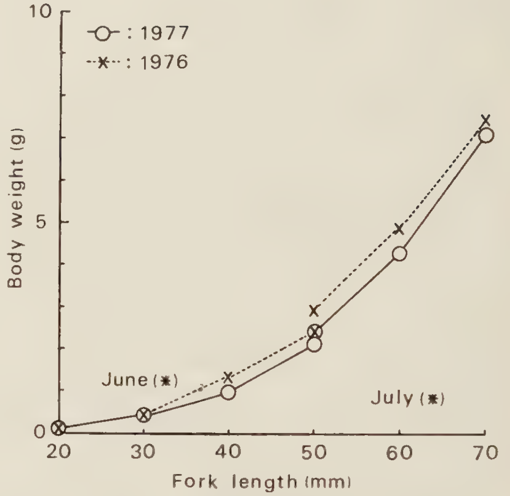


Fig. 15. 6月および7月に湾奥部で採集された1976年級と1977年級マダイ当歳魚の尾叉長—体重関係の差異
Differences in fork length-weight relationship between 1976 and 1977 year class 0-group red sea bream caught in the inner part of the bay in June and July.
*,**: level of significance in 5％ and 1％, respectively, ( ): the significant difference in the slope.

意差が認められた. 回帰直線から求められた6月と7月の1976年と1977年の尾叉長—体重関係を Fig. 15に示す. 分布密度の高かった1977年のマダイ当歳魚は1976年のものに比べて7月には同一尾叉長（50〜70㎜）で0.5g前後やせている傾向がみられ，1977年の場合は湾奥細砂域で採集されたものでも1976年に湾中央部や湾口部で採集されたものにしか相当していない（Fig. 6）. また，1977年6月および7月に湾口部や湾中央部で採集された個体は湾奥部で採集されたものに比べてさらにやせている傾向が認められた（1％水準で有意）.

年によって生息場所，成長，尾叉長—体重関係が変化することをみてきたが，最後に成長に伴う湾奥集中—生活領域拡大—逸散という生活様式の変化の過程そのものの変動を検討した. Fig. 16に1976年および1977年の湾奥集中期（6月），生活領域拡大期（7月）および逸散期（8月）の分布状態（吾智網採集）を示す. 6月から7月までは分布密度の変化に伴う先に述べた諸変化にもかかわらずよく似た分布様式を示している. しかし，逸散期を比較すると1976年の場合は分布量の減少とともに湾中央部への指向傾向がみられる



Fig. 16. 1976年と1977年級マダイ当歳魚の6～8月にかけての分布状態の比較
Comparisons of distributional pattern of 0-group red sea bream between 1976 and 1977 year class from June to August.

が，密度の高かった1977年の場合は8月末にも湾奥部を中心に多量のマダイ当歳魚が残留している．さらに，湾内の採集定点別の尾叉長組成をみると（Fig. 17），1976年の場合には一般に湾口部から湾奥部に向かうにつれ個体差が大きくなる傾向がみられる外に，集中期では湾奥部に分布している個体の方が湾口部や湾中央部のものに比べて大型で成長につれ湾奥に集まってくることを示している．その後生活領域拡大期になると地域的な差は不明瞭となるが，逸散期には逆に湾奥部より湾中央部の個体の方が大きい傾向がみられ，大型個体から湾外に出ていくことを暗示している．1977年の場合には1976年の同時期に比べ小型で集中期，生活領域拡大期，逸散期とも湾奥部の個体が湾口部や湾中央部のものより大きい傾向がみられた．この逸散期の地域的な尾叉長組成の相違が1976年と1977年で対照的なことは前に述べた逸散期の遅れと密接に関連しているものと思われる．つまり成長の遅滞に伴ってマダイ当歳魚の餌生物に対する内的要求の変化が遅れ，湾中央部や湾外を指向する動きの発現が遅れたと考えることができる．

以上のようにマダイ当歳魚の分布密度の上昇した1977年には生活領域の拡大，成長や肥満度の低下，逸散期の遅れなどの現象が観察され，食性の面でも小型餌料への依存度が増大する傾向がみられた[7]．これらのマダイ当歳魚の生活の諸側面の変化と分布密度の増大との関連を検討するにはまず主生息場である湾奥細砂域の魚類群集の中でのマダイ当歳魚の占めている地位をみておく必要がある．マダイ当歳魚の来遊量の少なかった1975，1976年も含めて魚種間の数の関係をみるために底びき網と吾智網によって湾奥細砂域（T-5, G-1, 2）において6月および7月の2回の定点調査の際採集された魚類を合計して上位5種を年別に示した（Table. 1）．底びき網にはハゼ類やネズッポ類など底生性の強いものが，吾智網にはチダイやオキヒイラギなど遊泳力の大きい海底と離れて生活する性質の強いものが採集され，魚種組成は多少異なっている．魚種ごとにみるとマダイをはじめチダイ，スジハゼなどにみられるように採集量の年変動は大きく，6月から

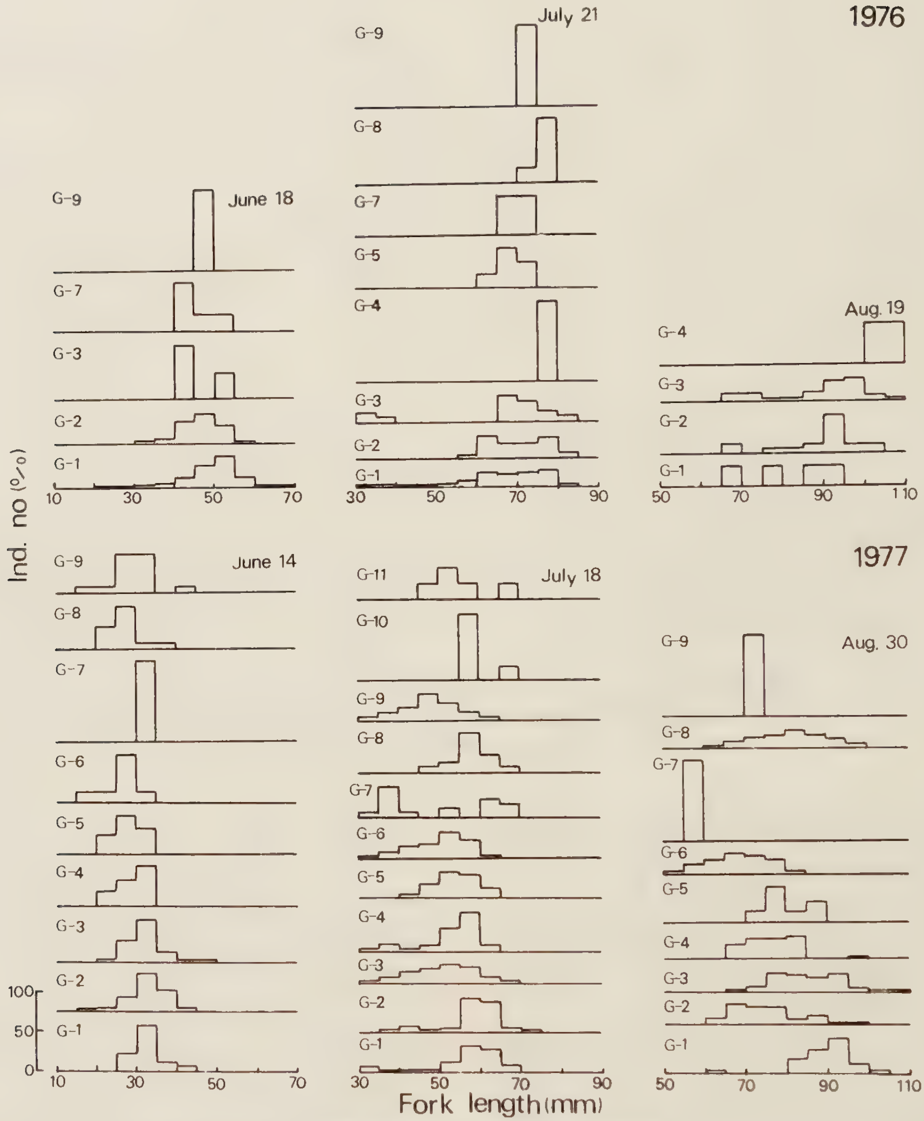


Fig. 17. 1976年と1977年級マダイ当歳魚の採集定点別尾叉長組成の比較
Comparisons of fork length composition at each sampling station between 1976 and 1977.

7月にかけての湾奥細砂域の魚種組成は年により大きく変化している．この一定点における魚種組成の変化には来遊量や発生量の年変動とともに種間の干渉による生息場所の変化も関与しているものと考えられる．マダイ当歳魚の採集量は1976年の底びき網によるものを除いて常に上位4種以内にあり，とくに1977年の場合は底びき網，吾智網による全採集魚類のうちのそれぞれ36.4%，48.3%に達し首位の座を占めている．このようにマダイ当歳魚は6～7月の湾奥細砂域で生活している魚類群集の中で来遊量の少ない年でも数の上で常に優位にたっている．この魚類群集の中でマダイと食物的地位の上で同位の主な種としてはチダイ，サビハゼ，スジハゼ，オキヒイラギ，ヒメジなどがあげられる．マダイ当歳魚とこれら同位魚類間の関係をみ

Table 1. 湾奥砂底域における6～7月の採集漁具別年次別魚種組成（1975～1977年）
Fish species composition on the sandy bottom area (T-5, G-1+2) in the inner part of the bay during the period from June to July, 1975, 1976 and 1977, respectively.

Year / Fish	Fish	1975			1976			1977		
		Ranking	Ind. No	%	Ranking	Ind. No	%	Ranking	Ind. No	%
Beam trawl	*Saurida undosquamis*							5	12	2.1
	Pagrus major	3	44	2.6	7	15	5.5	1	214	36.4
	Upeneus bensasi	4	23	1.4	1	62	22.6	3	88	15.0
	Callionymus pfagris							4	41	7.0
	Gobius pflaumi	2	48	2.9	3	33	12.0			
	Gobius otakii				5	25	9.1			
	Sagamia geneionema	1	1501	90.2	4	29	10.6	2	211	35.9
	Engyplosopon grandisquama	5	12	0.7						
	Rudarius ercodes				2	43	15.3			
Gochi trawl	*Etrumeus micropus*				1	4590	53.7			
	Trachurus japonicus	2	553	27.5						
	Leiognathus rivulata	4	199	9.9	5	238	2.8	4	224	5.3
	Pagrus major	3	210	10.5	4	572	6.7	1	2023	48.3
	Evynnis japonica	1	891	44.4	3	770	9.0	5	214	5.1
	Chaenogobius heptacanthus							3	337	8.0
	Sagamia geneionema	5	101	5.0	2	1904	22.3	2	1064	25.4

るとチダイ[19]，スジハゼ[20]とはすみわけ的傾向を，サビハゼ[20]とは食いわけ的傾向を示し，マダイ当歳魚は湾奥細砂域の Gammaridea を優先的に利用して生活している．

一方，マダイの種苗生産の過程で餌料環境に恵まれた養成魚は天然魚に比べて成長が速いことが報告されており[21]，また人工種苗は天然種苗に比べて脂肪の含有量が多く肥満度も高いことが観察されている[22]．さらに，今林[23]はマダイ自然個体群の分布密度が高まると種内の競合が強まり摂餌量の低下，餌内容の多様化，大型魚と小型魚の食い分け現象などがみられることを報告している．これらの結果とマダイ当歳魚の底魚群集内での生態的地位および1977年の Gammaridea の現存量は前2年とほぼ同程度とみられること[4]などを考えあわせると，1977年に観察されたマダイ当歳魚の生活の諸側面の変化は相互に関連しあってマダイ自身の分布密度上昇に伴う餌料環境の悪化を示していると考えてよいように思われる．

Nagoshi [24] は琵琶湖産のイサザの成長にみられる著しい年変動がイサザ自身の生息密度と密接に関係していることを報告している．志々伎湾のマダイ当歳魚の場合1977年と他の2年を比較すると，同一時期の魚体の大きさには相違はみられるものの，成長率には大きな差がない．このことは成長の遅れが加入時期の遅れたこととも関連していることを示唆しているが，結果的には小型化による摂餌量の減少によって密度上昇を補償する効果があったものと考えられる．

北海の plaice の最大の成育場である Wadden Sea（有明海のような環境特性をもっている）でその幼期の生態を調べた Kuipers [25] は plaice の当歳魚の場合餌不足は考えられないとし，実際に分布密度の約10倍におよぶ変動にもかかわらず成長との間には相関は認められなかったことを報告している．しかし，同じ plaice の当歳魚を英国沿岸の小湾（plaice の成長は Wadden Sea より低い）で調べた Steele ら[26]は分布密度と成長の逆相関傾向を見い出している．この相違は Kuipers 自身が認めているように成育場の生産性の違いを反映したものと考えられ，外海的性格が強く，瀬戸内海や有明海に比べてマダイの成長率の低い志々伎湾の場合は後者に相当するものと考えられる．

考 察

志々伎湾の水温や塩分などの無機環境要素の変動様式は外海の影響を強く受けていることを示唆し[27]，各種栄養塩類量や動植物プランクトン量[28]も典型的な内湾の1/10程度で沿岸域の水準にある．志々伎湾はいわば沿岸域の凹みとみなせる[9]が，このような環境特性を反映して志々伎湾に生息するマダイ当歳魚の成長率は内湾のものに比べて低く，冬季もマダイ当歳魚は湾内に残留し湾中央部の岩礁部が越冬場にもなっている．一方，志々伎湾は海水の流動によって構造的には湾外水の影響を強く受ける湾口部と閉鎖性の強い湾奥部および両者の混合域である湾中央部の３水域から構成され[29]，それぞれの水域には特徴的な動物群集[8,30]が形成されている． 底生生活に入った マダイ 当歳 魚 は Gammaridea などの 甲殻類を 主体とする 餌料ベントスが多く分布している[8]湾奥部水域を中心に生活している．この餌料ベントスの生産を支えているのは湾内の沿岸部に繁茂しているアマモやガラモに由来するデトライタスと考えられ，それらは渦流によって湾奥部の海底に集積されているものと思われる．

志々伎湾の湾奥部を中心に生活している底生生活期のマダイ当歳魚には，先に述べたように餌生物や生息場所から 大きく 分けると ３様の生活様式が 認められる．第１は湾奥細砂域に極端に集中する時期（６月）のもので Gammaridea を主食としている．第２は湾奥細砂域への集中度が低下し，湾中央部やガラモ場・アマモ場にも 生活領域を 拡げる 時期 （７月）のもので，餌内容は多様化している．第３は生息場所を湾中央部へ 移す 逸散過程にある 時期 （８月）のもので，Mysidacea など 大型の餌を摂る 割合が増加する．このような生活様式の変化の過程は Lockwood [31] が英国沿岸の plaice の幼稚魚で観察した結果と極めてよく似ており，その機構を理解するには，Lockwood も考察しているように，食物関係を中心とした生物相互の関係を検討することが必要であろう．

先に述べたように底生生活期マダイ当歳魚が湾奥細砂域で数の上でも，食物をめぐる関係の上でも優位にあり，Gammaridea を優先的に 摂取して 生活している結果をふまえて，湾奥細砂域の Gammaridea 現存量とマダイ 当歳魚の 要求量の 相対的な 比較を試みた(Fig. 18).Gammaridea の現存量は1975年および1976年に行ったスミス・マッキンタイヤー型採泥器による採集結果を基準にし，周年採集を行った NUS ネットの資料を組み合わせて 算出した[4]． マダイ 当 歳 魚 の資源量は 1977年７月の 標識放流調査[32] および 資源尾数調査（吾智網調査＋潜水 transect 調査[6]） によるそれぞれの推定値（湾奥部で14万尾および26万尾）の中間の値20万尾を基準に1975，1976年はその1/8の 2.5万尾とした．また，問題はあるが便宜上６月から８月にかけてのマダイ当歳魚の減耗は無視できるものとし

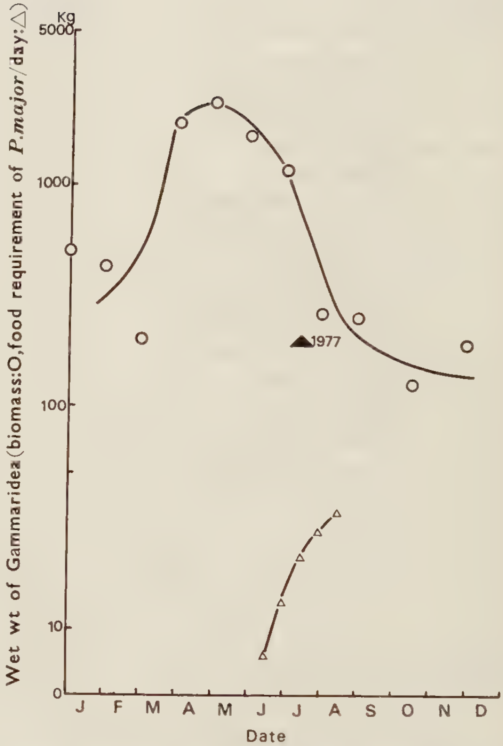


Fig. 18. 湾奥部におけるマダイ当歳魚の食物要求量と Gammaridea の現存量の比較（1975～1976年）
Comparisons between food requirement of 0-group red sea bream and biomass of Gammaridea in the inner part of the bay during the years 1975 to 1976.

た．マダイ当歳魚の食物要求量は板沢* の体重と酸素消費量の関係式

(1)　$\text{Log } Q = 0.794 \text{ Log } W - 0.331$ ……………(1)

Q＝酸素消費量（ml/hr/ind）

W：体重（g）

を基準に WINBERG [33] や MANN [34] の用いている(2)，(3)式を用いて計算した．

$0.8c = \Delta W + R$ ……………(2)

$R_2 = 2R_1$ ……………………(3)

C：摂取された食物のエネルギー量

ΔW：成長によって得られたエネルギー量

R, R_1, R_2：それぞれ代謝エネルギー量，安静時代謝エネルギー量，自然環境での代謝エネルギー量

さらに WINBERG [33] に従って酸素消費量 1mlは5カロリーまたは Gammaridea 1mg（湿重量）に相当するものとみなした．得られた摂餌量を体重で除した摂餌率で示すと6月中旬，7月中旬および8月中旬の値はそれぞれ17.0%，14.2%，9.7%となった．

Gammaridea の現存量はマダイやその他底生魚類の捕食圧と Gammaridea 自身の生産活動などが総合された結果であるが，浮遊期のマダイ仔魚が湾口部に来遊する4月から急激に増加する．その後6月までほぼ同じ高水準にあるが，7月には半減し，8月にはさらに7月の約⅕に急減する．一方，1975年および1976年のマダイ当歳魚が毎日の生活や成長のためのエネルギーを Gammaridea だけでまかなうと仮定した場合の1日当りの要求量は湾奥細砂域に集中し Gammaridea を主食とし始める6月中旬には現存量の1/200前後にすぎない．しかし，7月に入ると Gammaridea の減少とマダイ自身の要求量の増大に伴って要求量は現存量の1/50程度となり，湾奥細砂域の Gammaridea だけに依存することは6月に比べ相対的に窮屈になってきていることがわかる．このことが7月に入ると湾中央部の極細砂域やアマモ場・ガラモ場にも生活領域を拡げ，自身の密度を低くするとともに対象とする餌生物を増やすことにつながっているものと思われる．さらに，8月中旬にマダイの要求量が現存量の約⅛になると，自身のより大型の餌への要求とあいまって主食をこのころから湾中央部を中心に増加してくる Mysidacea [4] に徐々に切り換え，遂には湾外へ逸散するものと考えられる．1977年の Gammaridea の現存量は前2年と同程度[4] とみられ，8倍に達するマダイ資源量の増加によって現象的には7月中旬の Gammaridea の現存量はマダイ要求量の6倍程度に過ぎない．このためマダイ当歳魚は餌料環境のよくない生息場所への生活領域を拡げたり，Copepoda などの小型の餌生物への依存度を高め，成長や肥満度が低下したものと思われる．

志々伎湾で観察された分布密度の変化に伴う生息場所や餌生物の変化[7] は，九州西岸域におけるマダイ当歳魚の生息場所が多様[2] で，内湾や沿岸のいたるところに分布し，数的にも優位に立っていることや摂取されている餌生物も生息場所によって相違がみられる[11,35] ことと符合している．このような生息場所や餌生物に対してマダイ当歳魚が示す生活様式の幅の広さは，一方では多くの魚類との間に生息場所や食物をめぐる競合が起ることを意味している．そして先に述べたようにマダイ当歳魚はすみ分けたり食い分けたりして他種間との競合を緩和しているが，その際今林[36] や東** も述べているようにマダイ自身の餌生物や生息場所は変えずに相手種にゆずらせる傾向がみられる．このようなマダイ当歳魚の生活様式の幅の広さや他種に対する優位性は，成長や肥満度の flexibility によって餌不足をしのぐ能力とあいまって，マダイの場合最首[33] の主張する niche space（対象種を収容する空間，餌種間関係などを総合した場）が他魚種に比べて大きいこととそれが基本的には種内の諸関係によって規定されることを示唆している．

志々伎湾における底生生活期のマダイ当歳魚の生活様式を生息場所と餌の2側面から検討し，現象論的な段階ではあるが，湾奥の細砂域に集中した後次第に分布域を拡げさらには逸散する機構やマダイ当歳魚にとって生息場所の価値が明らかにされ，種苗放流の際の種苗の大きさ，放流場所・時期などを検討する手がかりが得られた．今後は志々伎湾におけるこのようなマダイ当歳魚の生活様式を環境特性や構造の異なった他の海域と比較して，マダイ当歳魚の普遍的な生活様式を明らかにするとともに実験的放流を行って得られた手がかりを検証していくことも必要であろう．また，

＊板沢靖男：未発表

＊＊東　幹夫 1979：第26回日本生態学会講演

餌料ベントスとの強固でかつ融通性のある結びつき方や分布密度の変化に伴うマダイ当歳魚の生活の諸側面の変化は餌をめぐる生物的諸関係（食う，食われる，すみ分け，食い分け）を手がかりに志々伎湾のマダイ当歳魚の niche space を追求すべきことを示唆している．そのためにはアマモ・ガラモーデトライタスーベントスーマダイと連らなると考えられるマダイを key species とする生物群集内の骨格的食物連鎖の解析を進めるとともにその動的な法則性を把握することが必要であろう．

要 約

1．志々伎湾において底生生活期のマダイ当歳魚が成長に伴って生息場所をかえていく過程や密度変化に伴うその変動を明らかにするため，1975年から1977年にかけ底びき網，吾智網および地びき網によって底生魚類の採集を行った．得られた魚類は種類を同定し，全長範囲と個体数を計測した．マダイ当歳魚については尾叉長および体重を測定し，一部は胃内容物を調べた．

2．尾叉長10〜20㎜の底生生活初期のマダイ当歳魚は5月上旬に採集され始め，次第に Gammaridea 分布量の多い湾奥細砂域に到達する．その後湾奥部に集中して分布し，Gammaridea を主食に1日当り0.6〜0.7㎜の割合で成長を続け，6月中旬には尾叉長40㎜前後の若魚期に達する．7月に入ると生息場所を湾中央部の極細砂域やアマモ場・ガラモ場周辺にも生活領域を拡げ，これと対応して餌内容も Gammaridea 主体のものから Caprellidea や Mysidacea などを含むものに多様化する．8月には尾叉長80〜90㎜に達して大型の Mysidacea や Gammaridea を主食とするようになり，生活の中心を Mysidacea の多い湾中央部へ移す．8月中旬ころから主群は次第に湾外へ逸散するが，当湾の開放的性格を反映して一部は冬季も湾内に残留している．

3．6月から7月の湾奥細砂域において，マダイ当歳魚は数の上で優位に立っており，主食である Gammaridea に対し選択的摂取傾向を示すとともに湾奥細砂域内では Gammaridea の現存量とマダイ当歳魚の分布量には相関傾向がみられた．

4．前2年に比べ分布密度が8倍に上昇した1977年にはマダイ当歳魚は生息場所を最も生活しやすい湾奥細砂域からこれに次ぐ湾中央部の極細砂域やアマモ場・ガラモ場へも拡げた．同時に肥満度が低下するとともに魚体の大きさも小型化し，湾外への逸散が遅れる現象がみられた．

5．成長に伴う生息場所の変化や分布密度の変動に伴うマダイ当歳魚の生活の諸側面にみられる変化を餌との関係から検討した．

文 献

1）E. Harada 1962: A contribution to the biology of the black rockfish, *Sebastes inermis* Cuvier et Valenciennes. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **10**(2), 163-217.

2）立石　賢　1976：マダイ放流種苗の追跡・種苗の放流効果．アワビ・クルマエビ・マダイ．水産学シリーズ12（日本水産学会編），102-114，恒星社厚生閣，東京．

3）田中　克　1979：マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程．水産土木，**16**(1)，47-57．

4）東　幹夫　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—ベントス．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局．

5）J. E. Thorpe 1977 : Bimodal distribution of length of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) under artificial rearing conditions. *J. Fish Biol.*, **11**, 175-184.

6）松宮義晴・遠藤義文・畔田正格　1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定．西水研研報，(54)，315—320.

7）木曾克裕 1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—I．成長に伴う餌料の変化とその年変動．西水研研報，(54)，291-306．

8）東 幹夫・陣野聡子 1980：平戸島志々伎湾の底生生物群集—I．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報，(54)，195-208．

9）田中 克 1977：志々伎湾の環境構造とマダイ当歳魚の生産をめぐる問題点．漁業資源研究会議報，(20)，77-101．

10）梶山英二 1937：鯛．143pp.，杉山書店，東京．

11）福岡県福岡水産試験場 1975：筑前海域におけるマダイ栽培漁業の展開．昭和49年度東シナ海栽培漁業漁場資源生態調査報告書，1-24．

12）矢野 実 1974：瀬戸内海のマダイ放流について．ミチューリン生物学研究，**10**(2)，123-128．

13）木曾克裕 1980：平戸島志々伎湾の海底地形と海底堆積物の特徴．西水研研報，(54)，135-140．

14）畔田正格・池本麗子・東 幹夫 1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の日周期活動．西水研研報，(54)，279-289．

15）平井賢一 1972：琵琶湖内湾の水生植物帯における仔稚魚の生態Ⅲ．ニゴロブナ仔稚魚の食性と生息域の関係．日生態会誌，**22**(2)，69-93．

16）大森迪夫 1974：仙台湾における底魚の生産構造に関する研究—I．マコガレイの食性と分布について．日水誌，**40**(11)，1115-1126．

17）今林博道・花岡 資・矢野 実 1977：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—Ⅱ．底生動物群集と関連した底魚群集の変動．南西水研研報，(10)，73-86．

18）福岡県福岡水産試験場 1973：幼魚生態．東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書（昭和47年度，九州西海域篇），33-48．

19）松宮義晴・木曾克裕 1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—マダイをめぐる魚種間の関係．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局．

20）松宮義晴・村上 司・鈴木庸行・岡 正雄 1980：志々伎湾におけるサビハゼとスジハゼの分布および食性．西水研研報，(54)，321-331．

21）北島 力 1978：マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究．長崎水試論文集，第5集，1-92．

22）安楽正照・畔田正格 1973：天然および養成マダイ幼稚魚の体成分の差異．西水研研報，(43)，117-131．

23）今林博道・花岡 資・矢野 実 1977：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—Ⅲ．個体群の種内関係．南西水研研報，(10)，87-100．

24）M. Nagoshi 1966: Ecological studies on the population of isaza, *Chaenogobius isaza* Tanaka, in Lake Biwa, with special reference to the effects of population density upon its growth. *Res. Popul. Ecol.*, **8**, 20-30.

25）B. R. Kuipers 1977: On the ecology of juvenile plaice on a tidal flat in the Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.*, **11**(1), 56-91.

26）J. H. Steele, A. D. McIntyre, R. R. C. Edwards and A. Trevallion 1970: Interrelations of a young plaice population with its invertebrate food supply. In "Animal populations in relation to their food resources". Symp. Brit. Ecol. Soc., (10), 375-388, Blackwell, Oxford.

27）浜田七郎 1980：志々伎湾の海況特性．西水研研報，(54)，141-155．

28）上田拓史 1980：志々伎湾の動物プランクトンに関する研究—I．1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布．西水研研報，(54)，171-194．

29）玉井一寿 1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—流動．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局．

30）中坊徹次 1980：志々伎湾の底生魚類群集—I．主要種の分布と群集区分．西水研研報，(54)，209-229．

31）S. J. Lockwood 1974: The settlement, distribution and movements of O-group plaice *Pleuronectes platessa*(L.) in Filey Bay, Yorkshire. *J. Fish Biol.*, **6**, 465-477.

32) 木曾克裕・松宮義晴 1980：平戸島志々伎湾における資源量推定のためのマダイ当歳魚の標識放流. 西水研研報，(54)，307-314.

33) G. G. Winberg 1956: Rate of metabolism and food requirements of fishes. *Fish. Res. Bd. Canada, Trans. Ser.*, 194.

34) K. H. Mann 1965 : Energy transformations by a population of fish in the River Thames. *J. Anim. Ecol.*, **34**, 253-275.

35) 長崎県水産試験場 1974：栽培漁業漁場資源生態調査報告書（昭和48年度），1-78.

36) 今村博道・花岡 資・矢野 実 1977：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態-I. 他魚種との関係. 南西水研研報，(8),101-111.

37) 最首光三 1978：ポピュレーションと種苗放流. 増殖技術の基礎と理論—その発展の糸口として. 水産学シリーズ23（日本水産学会編），20-31，恒星社厚生閣，東京.

志々伎湾におけるマダイ当歳魚の日周期活動

畔田　正格・池本　麗子・東　幹夫*

Diurnal Activity Rhythms in 0-group Red Sea Bream *Pagrus major*

Masanori AZETA, Reiko IKEMOTO and Mikio AZUMA*

The study of activity patterns of O-group red sea bream was carried out in Shijiki Bay during a period from 1976 to 1977. A 6m beam trawl and a Gochi trawl were used to collect specimens in the innermost area of the bay where the O-group red sea breams were aggregating. A sledge net (NUS net) was employed to sample the benthic food organisms. Sampling operations were made throughout the day with 2-6 hour intervals in May and July. In addition underwater observations with SCUBA were made during the day and night up to 6 hours.

During the day, O-group red sea bream hovered in "aggregation" near the sea bottom and fed actively on benthic organisms. At night, they separated into solitary individual and rested quietly in a hollow of sandy sea bottom or alternatively close to sponges and other protrusion. In general, they remained in the same area during the day and night.

The nighttime activity mode of O-group red sea bream shifted gradually toward the daytime one sometime around sunrise. On the contrary, the reverse shift was observed after sunset. The time of transition between these mode was found at 0500 (30 minutes before sunrise) and 2000 (30 minutes after sunset), respectively. O-group red sea bream started to feed around 0500 and the feeding rate reached the morning peak (1.5% of body weight) at 0700 after then the value decreased during the morning. The feeding rate continued to increase in the afternoon till 1800-2000 in the evening, when the value reached to the maximum of the day (about 3% of the body weight). The feeding activity ceased at night. The diel periodicity of the feeding rate coincided approximately with the changes in the uptake of Gammaridea, which was the major food organisms for O-group red sea bream.

The distribution of benthic organisms on the sea bottom revealed considerable diurnal variations. The amount of food Gammaridea was scarce during the day- and nighttime and abundant in the early morning (0500) or evening (1600). The maxi-

昭和54年11月13日受理（Received November 13, 1979）
西海区水産研究所業績 第360号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 360）
＊長崎大学教育学部（Faculty of Education, Nagasaki University）

mum feeding rate of O-group red sea bream in the morning and evening were found 2-4 hours later than the appearance of their food.

多くの魚類の摂餌活動を軸とした活動様式は昼夜によって変化することが知られている（HOBSON[1]）．マダイ当歳魚の食性を正確に把握し，餌をめぐる生物的諸関係からその生活様式の変化のしくみを明らかにするには，このような日周期活動を調べ餌生物とのかかわりあい方を具体的に究明することが必要である．

北島[2]は孵化後11日目のマダイ後期仔魚がワムシを餌料とする飼育条件下で，日出から日没にかけて摂餌活動を行うことを報告している．また，河辺ら[3]は九州北部の新宮地先のマダイ当歳魚の消化管を調べ，朝夕に摂餌量のピークを持つ昼間摂餌型を示すことを明らかにしている．さらに，今林ら[4]は瀬戸内海の細ノ州において胃内容物の充満度指数の変化を調べ，9時と18時ごろに摂餌活動が盛んになることを報告している．これらのことからマダイ幼稚魚は昼間活動型に属するものと考えられるが，昼夜によるすみ場所や行動の相違，餌生物とのかかわりあい方については未解明の点が多い．

マダイ幼稚魚が志々伎湾（長崎県平戸島）の湾奥細砂域に集中して生活している5月から7月にかけ[5]，底生魚類および餌料ベントスの昼夜連続採集を実施するとともに SCUBA 潜水による行動の直接観察を行い，マダイ幼稚魚の日周期活動を検討したので報告する．

この研究は1975年から1977年にかけ農林水産省が実施した特別研究「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給構に関する研究」の一環として志々伎湾において実施されたもので，調査・研究の遂行に当って多大な御配慮をいただいた西海区水産研究所上村忠夫前所長（現北海道区水産研究所長），林知夫元所長(現広島大学教授)に謝意を表する．また，この一連の研究の方向づけをされ，本研究の実施に当って終始懇切な指導と激励を惜しまれなかった伊東祐方前底魚資源部長（現東海区水産研究所資源部長）および最首光三前室長(現日本海区水産研究所資源部長)に深く感謝する．「マダイ特別研究志々伎グループ」の各位には研究を進める過程でたえず討論や批判をいただくとともに野外調査に際して献身的な御協力をいただいた．また，本城康至底魚資源部長および安楽正照浮魚資源部第2研究室長には原稿を校閲していただき，種々御教示をたまわった．以上の方々に衷心から厚く御礼申しあげる．最後に志々伎湾における一連の研究に深い関心を払われ，物心両面にわたって御援助いただいた西海区水産研究所の各位に謝意を表する．

方　　法

1976年5月17〜18日および7月22〜23日に湾奥部におけるマダイ当歳魚の昼夜によるすみ場所の変化を調べるため，湾中央部から奥部にかけての定点（Fig. 1，底びき網：T-4，T-5，T-8；吾智網：G-1，G-2，G-4，G-5）において朝，昼，夕および夜の4回にわたり底びき網[5]（はり竹：6 m，ヘッドロープ長：9 m，袋網部網目：3mm，約2ノット10分びき）と1そう吾智網[5]（以下吾智網とする．ヘッドロープ長：24 m，袋網部網目：3mm，片側ひき網：223 m）による採集を行った．また，摂餌状態と餌生物の分布状態を調べるため1977年7月16〜17日に湾奥部（T-5，G-2）において2〜4時間間隔で9回にわたって底びき網（約2ノット10分びき，T-5），吾智網（G-2）による魚類の，スレッジネット（NUS ネット[6]）による餌料生物の昼夜連続採集を行った．採集物は4％中性フォルマリン液で固定後研究室に持ち帰り，魚類やベントスの同定・計数を行うとともに体長・体重を測定した．1977年の連続採集で得られたマダイ当歳魚はこの外に胃内容物重量と組成を調べ，ベントスの分布状態と比較した．胃内容物調査に際しては綱または亜目の段階まで分類して出現個体数を計数し，各餌料項目ごとの重量は魚類採集と同時に実施したスレッジネットによる底生生

物調査で得られた餌料生物の体重を個体数に乗じて求めた．マダイ当歳魚の行動を直接観察することを目的とした SCUBA 潜水による調査は1977年6月（13日，20日）および7月（15日，16日）に延約6時間にわたって実施した．

結　　果

(1) マダイ当歳魚の生息場所と行動の昼夜変化

魚類の中には，かくれ場から摂餌場所まで1日の間に 1km以上の距離を往復するものがあることが知られている（GLADFELTER[7]）．志々伎湾のマダイ当歳魚は昼間および夜間とも湾奥細砂域に最も多く分布していることが知られている[5]が，後述する朝夕の摂餌時間帯も含めてその分布様式を検討するため，1976年5月および7月の湾中央部（T-4，G-4，G-5），湾奥細砂域（T-5，G-1，G-2）および湾奥アマモ場（T-8）における底びき網および吾智網によるマダイ当歳魚の採集量の昼夜変化を Table 1 に示した．5月の調査時の底びき網の採集量は吾智網の約10倍に達している．これは5月中旬のマダイ当歳魚の主体となっている尾叉長20〜30mm（Fig. 2）の個体の遊泳力が小さく，底びき網に対する回避能力が低いことと，感覚器管が未発達で吾智網のおどしが効果的に働いていないためであろう．分布量をより正確に反映していると思われる底びき網による採集結果をみると，総採集個体数には昼夜によって変動がみられるが，3地点の割合は湾奥細砂域（T-5）が湾中央部（T-4）や湾奥アマモ場（T-7）に比べ1日中常に多く，70〜90%を占めている（Table 1）．

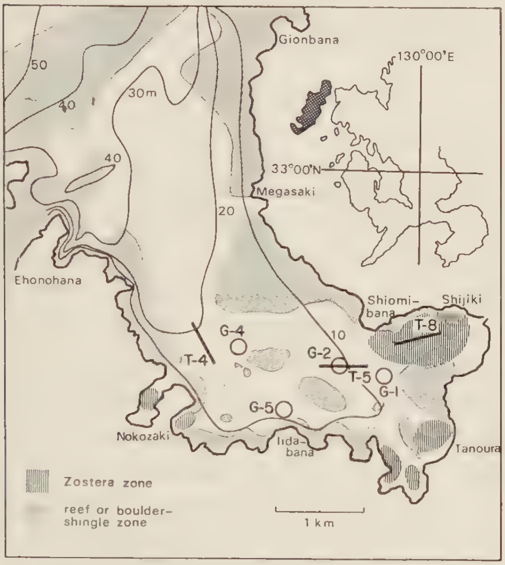


Fig. 1. 志々伎湾の海底地形と採集点
General topographic map of Shijiki Bay and sampling stations.

7月下旬に採集されたマダイ当歳魚の尾叉長組成をみると（Fig. 2），5月中旬の場合に比べて22.2mmから87.3mmのものが含まれ変動幅は大きいが，70mm前後の

Table 1. 漁具，採集時刻および採集点間のマダイ採集量の相違
Differences in individual number of *P. major* per haul among sampling gear, time of collection and stations.

Time	Station	T−4		T−5		T−8		Total		G−1		G−2		G−4		G−5		Total	
		Ind.No	%	Ind.No	%	Ind.No	%	Ind.No	%	Ind.No	%	Ind.No	%	Ind.No	%	Ind.No	%	Ind.No	%
May 17〜18	0423—0544	2	7	24	89	1	4.	27	100	0	0	4	100	0	0	0	0	4	100
	1103—1234	8	28	21	72	0	0	29	100	0	0	3	75	1	25	0	0	4	100
	1804—1956	1	5	18	85	2	10	21	100	1	33	1	33	0	0	1	33	3	100
	2323—0058	15	22	52	75	2	3	69	100	1	33	1	33	0	0	1	33	3	100
July 16〜17	0440—0554	0	0	3	75	1	25	4	100	3	30	1	10	6	60	0	0	10	100
	1117—1233	0	0	1	100	0	0	1	100	63	60	40	38	1	1	1	1	105	100
	1850—2012	0	0	5	83	1	17	6	100	37	90	3	7	1	3	0	0	41	100
	2311—0033	1	7	13	93	0	0	14	100	27	57	13	28	4	9	3	6	47	100

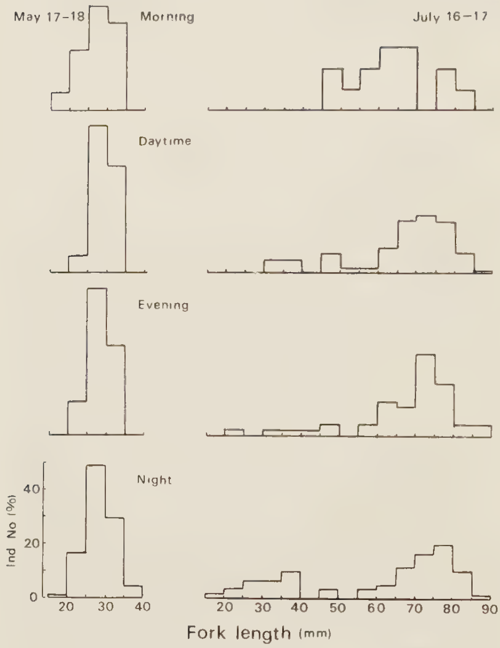


Fig. 2. 1976年5月および7月にT-5，G-2で採集されたマダイの尾叉長組成
Fork length compositions of *P. major* caught at Stns. T-5 and G-2 in May and July, 1976.

ものが主体となっている．採集量は5月の場合とは逆に吾智網によるものが底びき網によるものよりはるかに多い（Table 1）．これはマダイの成長に伴う遊泳力や知覚能力の発達を反映した結果であろう．生息場所間の採集量の比率を比較すると，底びき網の場合も吾智網の場合も湾奥細砂域（T-5, G-1, G-2）が湾中央部（T-4, G-4）やアマモ場（T-8）に比べ昼夜をとわず常に圧倒的に多い．これらの結果からみてマダイ当歳魚は個体によっては多少移動するものもあると思われるが，群全体を考えた場合底生生活の初期（5月中旬）から1日中 major habitat[6] としては湾奥部を，minor hobitat としては細砂域をそれぞれ主な生活の舞台としていることがわかる．

SCUBA 潜水によると6月から7月にかけての湾奥細砂域でマダイ当歳魚は昼間にはむらがり[8] の状態で海底近くに分布しており，砂底の表面にいる餌生物をついばんだり，マダイどうしあるいはサビハゼやヒメジなどと追尾行動を行うなどたえず活動しているのが観察された．夜間には海底のくぼみやカメイン，礫などのものかげに1尾づつ単独で腹を底につけて静止しているのが観察された．1977年7月に行った Transect 法調査[9]（マダイ当歳魚が最も多く分布している湾奥細砂域の海底に10m間隔に目印をつけた50mのロープを設置し，ロープの両側各 1mの範囲内のマダイの個体数を計数する）によるマダイ当歳魚の昼夜の分布状態の一例を Table 2 に示す．13時の観察ではマダイ密度の最も高いすみ場所内でもその微細な分布状態には大きなかたよりがみられ，10〜20m間に83%が集中している．21時の観察では昼間のむらがり型分布から夜間の単独型分布に対応して，集中度は低下し分散する傾向がみられる．しかし，昼間多く分布していた10〜20m間には夜間にも最も多く観察され，47%に達している．さらに，全調査面積内（50m× 2m）の観察個体数にも大きな差異は認められなかった．これらのことから，5月から7月にかけマダイ当歳魚は湾奥細砂域という minor habitat 内でもあまり移動は行わず，昼夜とも同一場所にとどまっている傾向を強く持っていることがうかがわれる．

Table 2. Transect 法による20m²当りのマダイ個体数計数結果（1977年7月15日）
Individual number of *P. major* per 20m² along 50m transect line (July 15, 1977).

Time \ m	0	10	20	30	40	50	Total
1300	1	30	4	1	0		36
2100	2	14	4	4	6		30

(2) 吾智網および底びき網による採集状況からみたマダイ幼稚魚の活動時間帯

マダイ幼稚魚の採集に用いた2種類の漁具のうち底びき網は 6mの張り竹を持ち，約 2kt・10分びきによる採集を行ったが，遊泳力が大きく活動状態にある底魚類は採捕されにくい．一方，吾智網はひき綱部に付属しているおどしによって魚を網に追いこんで漁獲する漁具であり，おどしに鋭敏に反応する活動状態にある魚類に対して有効である．この2種類の漁具の特性[9] を利用して，マダイ当歳魚の日周期的な活動状況を朝夕の活動状態の移行時間帯を中心に検討した．

1976年5月中旬の湾奥部（G-2, T-5）における マ

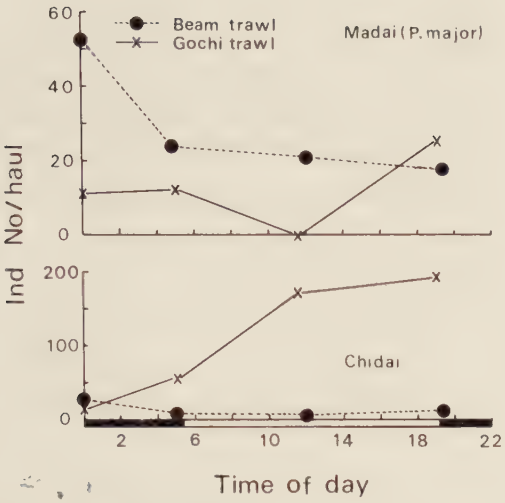


Fig. 3. 吾智網と底びき網によるマダイとチダイの採集量の昼夜変化（1976年5月）
Diurnal variations in catches of *P. major* and *Ev. japonica* caught by beam trawl and Gochi trawl in May, 1976.

ダイおよびチダイ当歳魚の吾智網と底びき網による採集状況を Fig. 3 に示す．底びき網による1網当りのマダイ採集量は朝，昼および夕刻の場合は20尾前後でほとんど差はないが，夜間には約2.5倍の 52尾に急増して夜間の漁具回避能力が低下し，底生生活の初期から昼夜によって活動様式が異なっていることを示している．一方，吾智網によるマダイ当歳魚（尾叉長20〜30㎜）の1網当りの採集量は予想に反して昼間より夜間の採集量が多い傾向がみられる．これは吾智網のおどしにマダイ当歳魚が反応せず吾智網が底びき網的な機能しか発揮しなかったためと思われる．チダイ（尾叉長55〜65㎜）では底びき網の場合は夜間の，吾智網の場合は昼間の採集量が圧倒的に多く，昼間に活動状態にあることを示している．

7月の湾奥細砂域（T-5，G-2）に生息している主な魚類の吾智網と底びき網による採集量の日周変化を Fig. 4，Fig. 5 に示す． 吾智網の採集結果ではマダイ，チダイ，マエソ，オキヒイラギの昼間の採集量は夜間に比べてはるかに多いのに反し，マアナゴ，ネンブツダイ，イサキ，サビハゼの場合は夜間の採集量が多い．一方，底びき網による採集結果をみると，はっきりした傾向を示すものは少ないが，マダイの夜間採

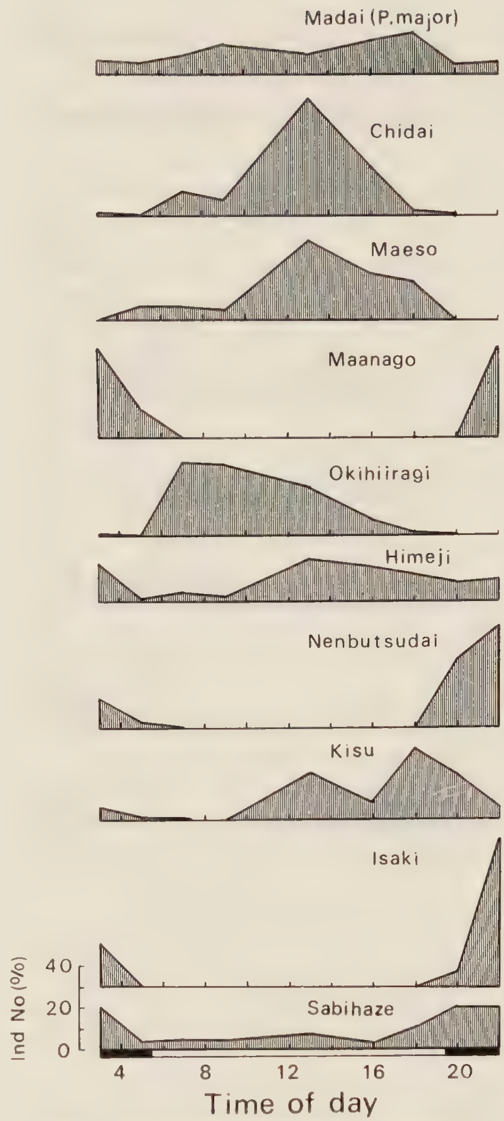


Fig. 4. 吾智網による底魚類採集量の日周期変化（1977月7月16〜17日）
Diurnal variations in catches of demersal fish by Gochi trawl (July 16〜17, 1977).

集量は昼間の7〜8倍に達し，ネンブツダイは夜間にしか採集されていない．このような採集結果とマダイの昼夜の行動を総合して類推するとチダイ（全長73〜113㎜），マエソ（全長135〜281㎜），オキヒイラギ（全長54〜87㎜）は昼間活動型であり，マアナゴ(全長240

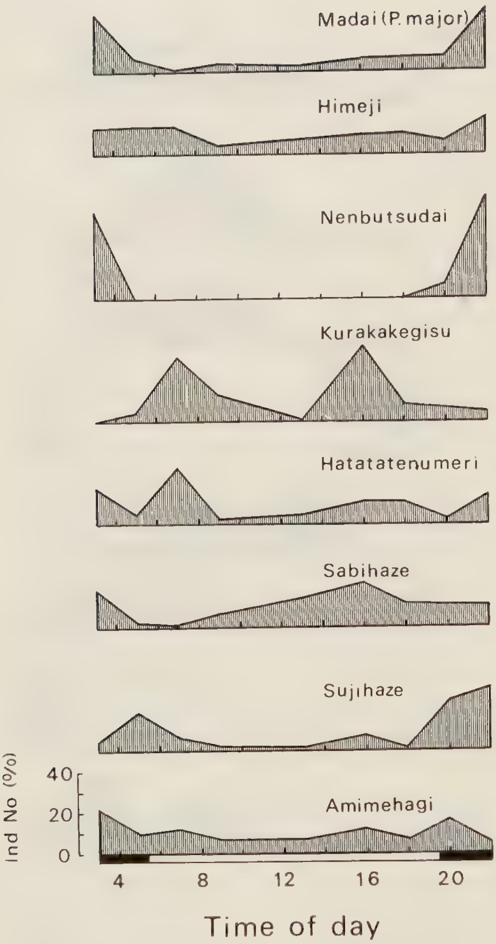


Fig. 5. 底びき網による底魚類採集量の日周期変化（1977年7月16～17日）
Diurnal variations in catches of demersal fish by beam trawl (July 16～17, 1977).

～489mm)，イサキ（全長112～210mm)[8]，ネンブツダイ（全長75～116mm)は夜間活動型である可能性が強い．しかし，底魚類の採集量の変化はその活動状態だけでなく垂直的な分布層や分布域の変化も関係しており，さらに検討する必要があろう．

マダイ当歳魚の採集量の時間的な変化を追ってみると，夕方には底びき網の場合は20時と22時の間で，吾智網の場合は18時と20時の間で急激に増減している．また，朝方には底びき網の場合は3時と5時の間で，吾智網の場合は5時と7時の間で採集量に大きな変化がみられる．これらのことから，底びき網に対しては4時前後から21時ごろまで，吾智網に対しては6時ごろから19時前後まで昼型の反応を示していることがわかる．さらに，採集されたマダイ当歳魚の尾叉長組成をみると（Fig. 6），吾智網の場合には採集時間帯によ

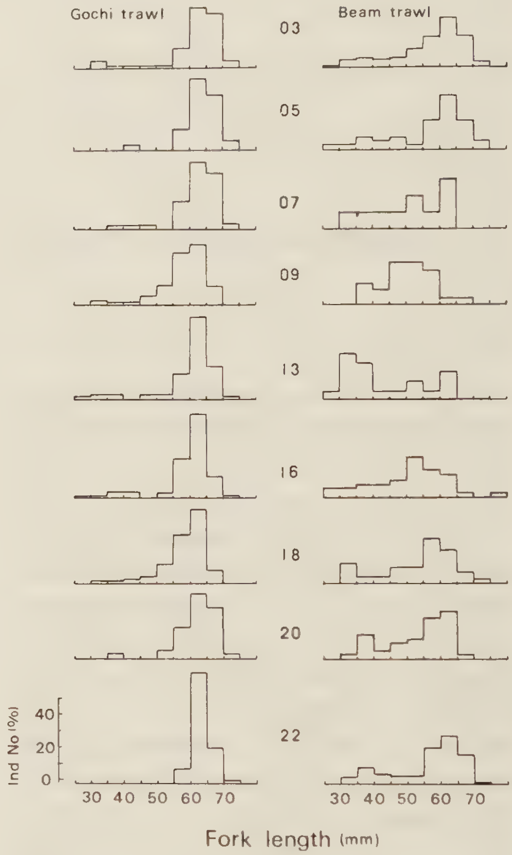


Fig. 6. 底びき網（T-5）および吾智網（G-2）で採集されたマダイの尾叉長組成（1977年7月16～17日）
Fork length compositions of *P. major* caught by beam trawl and Gochi trawl (July 16～17, 1977).

って大きな変化はみられないが，底びき網の場合には夜間採集群は昼間採集群に比べて大型個体が多い傾向がみられる．尾叉長60～65mmにモードがみられる夜型の組成は20時から5時までの採集群に認められた．

(3) マダイ当歳魚の摂餌活動

1977年7月16～17日に湾奥部で採捕されたマダイ当歳魚の尾叉長範囲は28.6mmから77.1mmにわたり

(Fig. 6), 大型個体と小型個体では食性に相違のあることが予想[10] されたので，尾叉長45mm以上の大型群と以下の小型群に分けてとりあつかった．

胃内容物を調べたすべての個体（大型群：107個体，小型群：44個体）から出現した餌料生物の個体数と重量を集計し，その組成を個体数%と重量%でそれぞれ

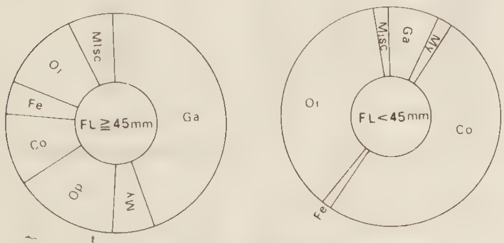


Fig. 7. マダイ幼稚魚の胃内容物組成（個体数%）
Numerical compositions of stomach contents of *P. major*.
Ga, Gammaridea; My, Mysidacea; Op, Ophiuroidea; Co, Copepoda; Po, Polychaeta; Ca, Caprellidea; Fe, Fish egg; Oi, *Oikopleura*; Cu, Cumacea; De, Decapoda; Misc, Miscellaneous.



Fig. 8. マダイ幼稚魚の胃内容物組成（重量%）
餌生物の略号は Fig. 7 参照
Weight compositions of stomach contents of *P. major*.
Consult with legend of Fig. 7 for explanation of abbreviations of food items.

Fig. 7 および Fig. 8 に示す．個体数による組成をみると大型群では Gammaridea が½近くに達し，最も多い時間帯にはマダイ1尾当り平均20個体を摂取していた．ついで Ophiuroidea, *Oikopleura*, Copepoda(浮遊性), Mysidacea などがそれぞれ15〜10%を占めている．小型群では Copepoda（マダイ1尾当りの最高摂取量：407個体）や *Oikopleura*（同：158個体）などプランクトンの割合が多く，Gammaridea をはじめとするベントスの占める比率は低い．一方，マダイ当歳魚がエネルギー源として依存している度合をより正確に示すと考えられる重量組成をみると，体重の小さい Copopoda や *Oikopleura* の割合は目立って低下し大型群，小型群とも3%以下となっている．大型群では Gammaridea が42%を占め最も多く，魚卵（大型粘着卵），Ophiuroidea, Mysidacea がそれぞれ15〜10%でこれに次いでいる．小型群でも Gammaridea の割合が最も高く（37%），次いで魚卵（29%），Mysidacea（14%）が重要な餌となっている．このように Gammaridea はエネルギー源として重要であるばかりでなく，すべての個体の胃内に出現することからみて安定した餌料源としてマダイ当歳魚の生活にとって極めて重要な役割をはたしていると考えられる．魚卵は1個体当りの重量が大きく全調査個体の胃内容物を積算した重量組成の上では目立った存在であるが，出現個体数があまり多くない上に，特定の個体に（全個体の19%）集中して出現する傾向がみられることから，Ophiuroidea, Mysidacea などより餌としての重要度は低いものと思われる．

マダイ当歳魚の胃内容物組成（重量%）を各採集時ごとに比較してみると（Fig. 9），摂餌時間帯によって餌料組成が大きく変動していることがわかる．ほとんどの個体が摂餌していない3時採集群を除くと，Gammaridea の占める割合は大型群では20〜69%，小型群では25〜99%の範囲を変動し，両群とも朝夕に高く，日中および夜間には低い傾向がみられた．Gammaridea に次いで重要な餌料である Mysidacea, Ophiuroidea, 魚卵の占める割合も摂餌時間帯によって大きく変動しているが，特徴的な傾向は認められない．

Fig. 10 にマダイ当歳魚の平均摂餌率* および主要餌料である Gammaridea, Mysidacea, Ophiuroidea のマダイ1個体当りの平均摂取量と環境中の分布量の日周変化を示す．摂餌率は大型群，小型群とも夜間（3時）には1%以下と低い（Fig. 10; 上，中）．5時に採捕された大型群ではすでに活発に摂餌活動を開始した個体がみられ，摂餌率の上昇が認められるが，小型群ではすべての個体の胃内の餌生物量は1〜3個体ときわめて少なく，摂餌率は夜間とほぼ同じ水

$$*\text{摂餌率} = \frac{\text{胃内容物重量}}{\text{体重} - \text{胃内容物重量}} \times 100$$

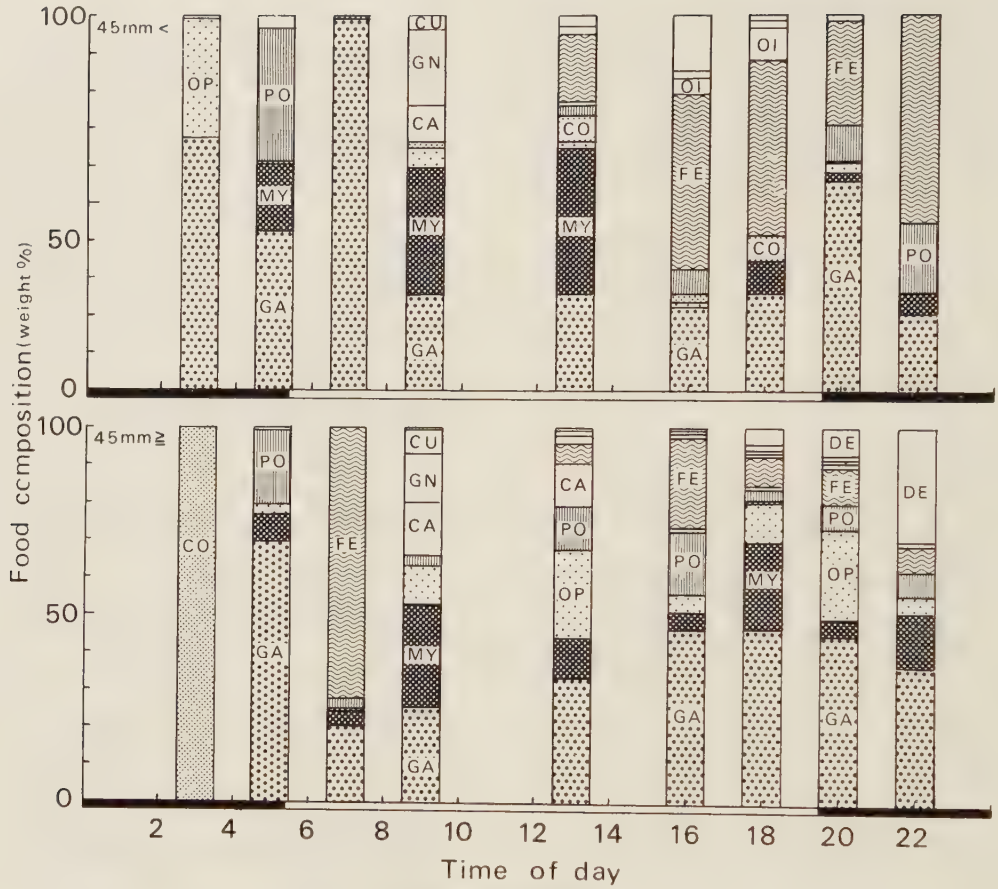


Fig. 9. マダイ幼稚魚の胃内容物組成の日周期変化
餌生物の略号は **Fig.** 7 参照
Diurnal changes in the food compositions of *P. major*.
Consult with legend of Fig. 7 for explanation of abbreviations of food items.

準にある．5時23分の日出をはさんで摂餌活動は両群とも急速に活発化し，摂餌率は7時前後に大型群，小型群とも1.5%前後の朝のピークに達する．その後午前中はいったん低下するが，午後から19時29分の日没前後に向かって増加を続け，小型群では18時に3.4%，大型群では20時に2.7%と1日の最高値を示す．22時に採集された小型群の大部分（80%）の個体の胃内には消化の進んだ餌生物が散見されるに過ぎないが（最高3個体），大型群では過半数の個体の胃内にほとんど未消化のものを含めて9～22個体の餌生物が見い出された．このようにマダイ当歳魚は朝夕2回のピーク（朝／夕）を持つ昼行性の摂餌活動を行っているが，成長につれ朝早くから夕方遅くまで摂餌時間を延長する傾向がみられる．

次にマダイ当歳魚の主要餌料である Gammaridea, Mysidacea および Ophiuroidea のマダイ1個体当りの摂取量をみると（Fig. 10; 上，中），Gammaridea は大型群，小型群とも朝方と夕方に2つのピークが認められ，日中は少ない．1日の最高値は夕方のピーク時にみられ，1個体当り4.1mg（大型群）または3.7mg（小型群）に達している．このマダイ当歳魚の胃内での Gammaridea の出現傾向は摂餌率の変化傾向とよく対応しており，摂餌率が Gammaridea の摂取状況によって左右されていることを示している．Mysida-

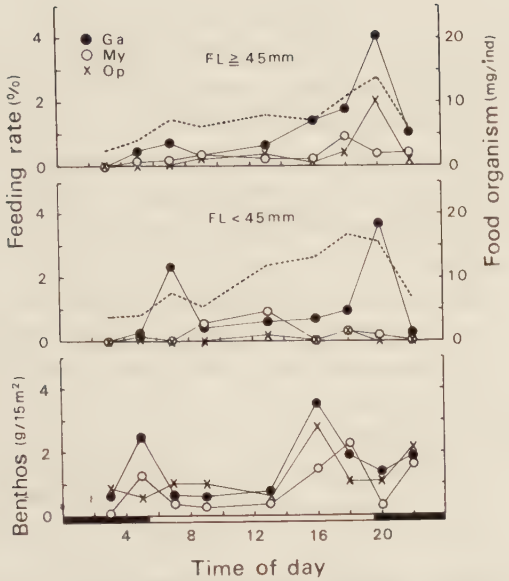


Fig. 10. マダイ幼稚魚の摂餌率(破線)，摂取された餌料生物量および餌料ベントス出現量の日周期変化
餌生物の略号は Fig. 7 参照
Diurnal changes in the feeding rate(dashed line), weight of food organisms taken and weight of benthos in the environment.
Consult with legend of Fig. 7 for explanaiton of abbreviations of food items.

cea は大型群の場合には夕刻に（1個体当り0.9mg)，小型群の場合は日中に（1個体当り0.6〜0.9mg）摂取量が多いが，摂餌率との関係は明らかでない．Ophiuroidea は小型群の場合は摂取量が少なく出現傾向ははっきりしないが，大型群では夕刻（20時）に多く摂取されており（1個体当り 2mg)，夕刻の摂餌率のピークを形成するのに貢献している．

さらに，マダイ当歳魚の生息環境中での上記3種類の餌生物の9回の採集量の積算値は Gammaridea が最も多く（13.83g/15㎡*)，次いで Ophiuroidea (11.42g/15㎡)，Mysidacea (8.54g/15㎡) の順となっている (Fig. 10, 下). Gammaridea は日中の分布量は0.5g/15㎡と少ないが，5時（2.5g/15㎡）および16時（3.5g/15㎡）にピークが認められ，マダイの胃内への出現状況(ピーク形成の時間帯とピークの大きさ) と2〜4時間のずれを伴って対応している．Ophiuroidea の分布量は朝から日中にかけては 1g/15㎡前後であるが夕方（16時）には急激に増加し，2.88g/15㎡となる．この出現傾向は Gammaridea の場合と同様時間的なずれはあるが，マダイ大型群の摂取傾向とよく一致している．Mysidacea は5時（1.2g/15㎡）および18時（2.8g/15㎡）にピークを持つ分布状態を示しているが，マダイの摂取量との直接的な関係は明らかでない．これは Mysidacea がベントスである他の2種類の餌生物とは違って，プランクトンとベントスの中間的性格を持ち，遊泳力や分布層が異なっているためであろう．

このようにマダイ当歳魚の生息環境中の餌生物の分布状態は1日の間に大きく変動しており，餌生物（とくに主食である Gammaridea) が多く出現する時間帯の2〜4時間後にマダイ当歳魚の胃内容物量が増え，結果として摂餌率が上昇することとなる．2〜4時間のずれは摂取速度と消化排泄速度の差による胃内への蓄積状況によるものであろう．

論　　議

志々伎湾においてマダイ当歳魚は5月中旬に浮遊生活から底生生活に移行し始めるとともに水平的には Gammaridea の多い湾奥細砂域に集中してくる[11]．この底生生活の初期からマダイ当歳魚は昼夜によって活動様式を異にしていることが明らかとなった．すなわち，昼間にはむらがりの状態で活動状態にあるが，夜間は昼間分布していた付近で一尾ずつ単独で海底に静止している．この昼間の活動状態から夜間の休止状態への過渡期である薄暮時の状態を日出時刻(5時23分)を中心に整理すると，日出約30分前の5時にはすでに底びき網に対する逃避能力が夜間に比べて飛躍的に向上しており，大型個体の一部は摂餌を開始している．ついで，日出1.5時間後の7時前後には吾智網のおどしに反応して積極的に行動するようになるとともに底びき網には大型個体は採捕されにくくなる．一方，日没前後の状況をみると，日没後30分の20時前後にはす

＊表在性底生生物を採集する際のＮＵＳネットによる1回当りの平均掃過面積

でに吾智網のおどしに対する反応の低下や底びき網採集個体の大型化傾向がみられるが，底びき網に対する回避能力はその後の20時と22時の間に急激に低下している．HELFMAN[12]は潜水観察によって，夜間は水底に単独で静止している yellow perch(*Perca flavescens*) が日出前20〜40分ごろに動き始め，ついで次第に遊泳速度を増すとともに群を作り，日出直前には摂餌を開始する（日没前後にはほぼこの逆の順序で静止する）という一連の過程を経て，徐々に活動（静止）状態に移行することを報告している．この移行過程を参考にマダイ当歳魚の場合を考察すると，日出１時間前には夜の休止状態から次第に覚せいし始めているものと思われ，日出30分前には感覚器官や運動器官の働きは充分でないものの，すでに低レベルの活動状態に入り，日出にかけての時間帯で大部分のものが摂餌を開始すると考えられる．さらに，日出30分後には知覚範囲や遊泳力は飛躍的に増大し，昼間の活動状態とほぼ同じ水準に達するものと思われる．活動状態から休止状態への移行過程は，日没時刻を中心にほぼこの逆の順序をたどるものと思われる．このような昼夜による活動状態の変化は GIBSON[13] がヒラメ類の幼魚（40〜70㎜）で認めたような内発的な概日周期（circadian rhythm）が基礎となり，諸環境要素（とくに照度）の変化やマダイ当歳魚の感覚器官の知覚能力がからみあって形成されるものと考えられる．

マダイ当歳魚は昼間（日出後30分から日没前30分まで）には活発に摂餌活動を行っているが，摂餌量には朝夕に極大値が認められる．このことはマダイ当歳魚の主要餌料である Gammaridea が朝夕の時間帯に生息環境中に多く出現することも大きな要因となっており，摂餌量にみられる日周期は石岡[14]が実験的に観察しているようなマダイ当歳魚自身の内発的な活動周期と餌生物の分布様式が組み合わさって形成されることを示している．また，生息環境中への Gammaridea，Mysidacea および Ophiuroidea の３者相互の出現量の比率に比べマダイの胃内では Gammaridea の比率が高く（とくに朝夕），マダイ当歳魚の Gammaridea に対する選択的摂取傾向がうかがわれる（Fig. 10）．しかし，マダイ当歳魚の餌料組成は摂餌時間帯によって大きく変動しており，時間帯によっては必ずしも Gammaridea が主要餌料となっていない（とくに摂餌量の少ない時間帯）．このようなことからみて，魚類の食性を調べてその主食や選択性を論ずるには対象とする魚類の摂餌活動の周期を考慮する必要があると思われる．

志々伎湾においてマダイ当歳魚（５〜７月）は昼間活動し夜間は海底に静止しているが，成魚になると夜間に底延縄で漁獲されることが知られている（内橋[15]など）．志々伎湾の当歳魚の場合でも，成長につれて摂餌時間帯が長くなる傾向がみられることからみて，この相違は成長に伴う摂餌に関与する諸器官の発達や対象とする餌生物の分布様式の変化と関連しているものと考えられる．また，九州北部や瀬戸内海などで発育段階や生息環境のよく似たマダイ当歳魚を対象として得られた摂餌量の日周変化[3,4]と今回得られた結果はほぼ一致している．しかし，一日一回朝から正午にかけて摂餌し，午後から明け方にかけてはほとんど摂餌しないとする黄海産マダイ当歳魚（11月中旬）を対象とした岡田[16]の結果とは多少異なっている．これは成長に伴う（尾叉長20〜90㎜ vs 140㎜）摂餌に関与する諸器官の発達や照度と関係する生息水深（15m vs 50m）の違いとともに主食となる餌生物（Gammaridea vs 小型 Macrura）とのかかわりあい方の相違を反映した結果であろう．

５〜７月にかけての志々伎湾においてマダイ当歳魚は他魚種とすみわけたり，食いわけたり[17]して昼間の湾奥細砂域で餌や生活空間を優先的に利用していることが次第に明らかとなってきた．今後この湾奥細砂域におけるマダイ当歳魚の生息可能密度の検討を餌や空間の面から進める場合，昼間に湾奥細砂域でとりむすばれている生物的諸関係だけでなく，活動時間帯をずらして同じ湾奥細砂域の生産力の上に築かれている夜の諸関係も考慮に入れる必要があろう．

要　約

1．５月から７月にかけ志々伎湾の湾奥細砂域に集中して生活しているマダイ当歳魚の行動や摂餌活動を底びき網と吾智網による魚類の，スレッジネットによるベントスの昼夜連続採集と SCUBA 潜水によ

って調べた.

2. マダイ当歳魚は昼間にはむらがりの状態で海底付近で活発に摂餌活動を行い，夜間には海底のものかげに1尾づつ単独で静止しているのが観察された．個体群全体としては昼間活動している付近の海底に夜間も静止している傾向が認められた．

3. マダイ当歳魚は日出時刻を中心に静止状態から活動状態へ（日没時にはこの逆）徐々に移行するが，両者の境界は日出前30分の5時前後と日没後30分の20時前後と考えられる．

4. マダイ当歳魚の摂餌量には朝7時に極大値（体重の約1.5%）が認められ，午前中はいったん低下する．その後夕刻に向かって増加を続け18〜20時に1日の最高値（体重の3%前後）に達する．この摂餌量の変動は主食である Gammaridea の摂取状況とよく一致している．

5. マダイ当歳魚の生息環境中の Gammaridea の出現状態には朝5時および夕方16時に極大値が認められ，日中および夜間は少ない．この Gammaridea の出現状態とマダイ当歳魚の胃内への出現状態は2〜4時間のずれを伴って対応している．

文　献

1) E. S. Hobson 1968: Predatory behavior of some shore fishes in the Gulf of California. *U. S. Fish Wildl. Serv., Res. Rep.*, **73**, 1-92.

2) 北島　力　1978：マダイの採卵と稚魚の量産に関する研究．長崎県水産試験場論文集，第5集，1-92.

3) 河辺克己・小林克一・角　健造・伊藤正博　1972：マダイ幼魚の生活様式と環境．東シナ海栽培漁業漁場資源生態調査報告書(昭和47年度)，5-16.

4) 今林博道・花岡　資・矢野　実　1977：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態—Ⅲ．個体群の種内関係．南西水研研報，(10)，87-100.

5) 畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278.

6) 東　幹夫　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—ベントス．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局.

7) W. B. Gladfelter 1979: Twilight migrations and foraging activities of the copper sweeper *Pempheris schomburgki* (Teleostei: Pempheridae). *Mar. Biol.*, **50**, 109-119.

8) 奥野良之助　1971：磯魚の生態．204pp.，創元社，大阪.

9) 松宮義晴・遠藤義文・畔田正格　1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定．西水研研報，(54)，315-320.

10) 木曾克裕　1980：平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態—Ⅰ．成長に伴う餌料の変化と年変動．西水研研報，(54)，291-306.

11) 田中　克　1979：マダイ稚魚の浮遊生活から底生生活への移行過程．水産土木，**16**(1)，47-57.

12) G. S. Helfman 1979: Twilight activity of yellow perch, *Perca flavescens*. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **36**, 173-179.

13) R. N. Gibson 1973: Tidal and circadian activity rhythms in juvenile plaice, *Pleuronectes platessa*. *Mar. Biol.*, **22**, 379-386.

14) 石岡宏子　1976：摂餌行動記録器に関する予備実験．南西水研研報，(9)，67-75.

16) 内橋　潔　1953：脳髄の形態より見た日本産硬骨魚類の生態学的研究．日水研研報，(2)，1-166.

16) 岡田啓介　1965：黄海産若齢マダイの摂餌生態について．日水誌，**31**，999-1005.

17) 松宮義晴・木曾克裕　1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構—マダイをめぐる魚種間の関係．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局.

西水研研報 第54号. 昭和55年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 54. Mar. 1980

平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態-I. 成長に伴う餌料の変化とその年変動

木曽 克裕*

On the Feeding Habit of O-group Red Sea Bream (*Pagrus major*) in Shijiki Bay, Hirado Island-I. Sequential Changes of the Diet with Growth and Its Annual Variation

Katsuhiro KISO*

In order to elucidate the changes of the diet with growth and its annual variations, the composition of diet of O-group red sea bream was investigated in Shijiki Bay (Hirado Island, Nagasaki Pref.). O-group red sea bream were collected by beam trawl and Gochi trawl during the period from 1975 to 1978. All stomach contents collected were analyzed by three different methods, the number method, the points method and the occurrence method.

As they increased in size, the "main food" in this bay showed sequential changes in the following order: Copepoda, Gammaridea, Mysidacea and finally to larger-sized food organisms mainly composed of Natantia, Brachyura and Ophiuroidea.

The "main food" of them in June and July was Gammaridea and they aggregated in the inner part of the bay. The composition of the food of O-group red sea bream had a close relationship to available food organisms distributed in the environment, as well as to the density of themselves.

With high density, as in 1977, O-group red sea bream showed a tendency, even after reaching a larger size, to feed on smaller organisms as compared with other years when the density of them was low.

昭和55年1月11日受理 (Received January 11, 1980)
西海区水産研究所業績 第370号 (Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 370)
本報告の大要は1978年4月，昭和53年度日本水産学会春季大会（東京）において発表した.
* 東北区水産研究所 (Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory)

はじめに

九州西岸域の沿岸漁業にとって重要魚種の1つとなっているマダイは，成育期の一時期を内湾や沿岸の浅所で過ごし，成長に伴い生活域を外海の深所へ拡げてゆく[1,2]．この成育に伴う生活様式の変化を解明し，マダイの生活を具体的にとらえるためには，ELTON [3] が正しい種類の食物を，しかも十分に見出すことの必要さが，すべての動物をかりたてる根源的な推進力であると述べているように，餌料をめぐる生物的諸関係を明らかにすることが解析の基礎となる．

この一連の報告では，マダイの成育場の1つとなっている長崎県平戸島志々伎湾において，マダイ当歳魚を中心としてみたタイ科魚類の種間・種内の関係を，食物関係という見地から解析する．第1報では，志々伎湾の主生息場で採集されたマダイの当歳魚の成長に伴う餌料の変化と，その年変動について述べる．

本文に先だち，この報告に関して種々の御助言と御援助をいただいた西海区水産研究所伊東祐方前底魚資源部長，畔田正格底魚資源部第2研究室長，最首光三前底魚資源部第2研究室長およびタイ類特別研究志々伎グループの皆様，胃内容物調査について御指導と御援助をいただき，本報告を御校閲下さった長崎大学教育学部東　幹夫助教授，マダイの胃内容物調査に関して種々の御援助をいただいた九州大学農学部今林博道氏に対し厚くお礼申しあげる．また，調査に御理解を示され種々の御援助をしていただいた志々伎漁業協同組合の組合員・職員の方々をはじめ地元の皆様に対し厚くお礼申しあげる．

材料と方法

材料として用いたマダイ当歳魚は，1975年4月～1978年7月の間に長崎県平戸島志々伎湾（Fig. 1）の採集定点で小型底びき網と吾智網（一そう吾智）の試験操業によって採集した．1975年4月～1976年8月の間は毎月，1977年は4～8月にかけ，1978年は6月および7月にそれぞれほぼ月1回の割で調査を行った．調査定点は Fig. 2 に示すように，小型底びき網：昼間8点，夜間4点，吾智網：昼間のみ11点であるが，やむを得ない事情で多少の変更をしたこともある．Suppl. table 1 に定点別の採集数を示す．なお，この外に1975年4月～1976年3月までは湾内のアマモ場3

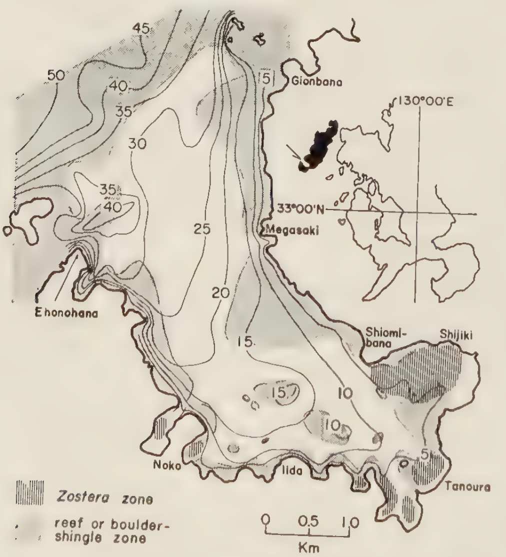


Fig. 1. 志々伎湾の位置，形状および水深（m）
The location and general topography of Shijiki Bay. Numerals indicate depth in meter.

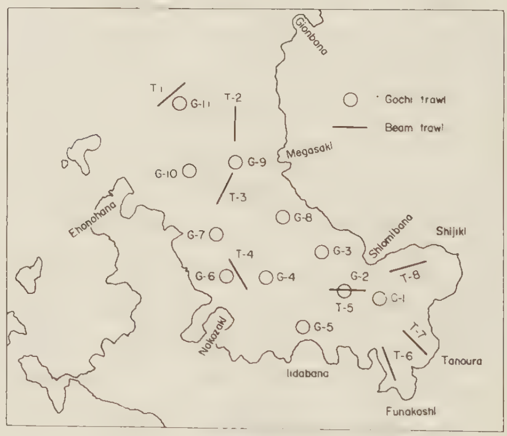


Fig. 2. 採集定点
Sampling stations.

ケ所で地びき網を用いた採集を行ったが，マダイは採集されなかった．

吾智網および小型底びき網で採集した魚類は直ちに船上で約10%ホルマリン液で固定した後，実験室で魚種ごとに選別し，固体数および全長範囲を計測した．こうして得られたマダイ当歳魚のうち，各採集時ごとにマダイ当歳魚が最も多く漁獲された定点での胃内容物を調査して，その時期の志々伎湾の主生息場におけるマダイ当歳魚の餌料とみなした．

食性の研究には一般に胃内容物調査が用いられ，胃内容物の調査法には，出現頻度法（occurrence method），個体数法（number method），dominance method，重量法（weight method），容量法（volume method），充満度法（fullness method），点数法（point method），など多くの方法があり，それぞれに特徴をもっている[4–6]．本報では個体数法，点数法，出現頻度法を用いて解析し，総合的な考察を行った．胃内容物の観察にあたっては，原則として1網20尾づつのマダイ当歳魚を無作為に抽出し，尾叉長と体重を測定した後，食道から胃（幽門）までを切り取って重量を秤量してから小型のペトリ皿に内容物をあけ，空の胃袋重量を計って内容物重量を求めた．胃内容物は双眼実体顕微鏡を用いて，顕微鏡下で餌料生物の査定と計数を行った．計数にあたっては，消化の進んだものや体の一部分のみ出現するものも1個体として計数している．査定は目程度まで分類し（Table 1），可能なものについてはさらに細分した．また目視により消化度を5段階に分けた．用いたマダイ当歳魚は，1975年群173尾，1976年群175尾，1977年群170尾，1978年群27尾の計545尾である．

Table 1. マダイの胃内容物として出現した生物
List of food organisms occurred in the stomach of red sea bream.

Foraminiferida	Tanaidacea
Actiniaria	Cumacea
Octocorallia	Ostracoda
Nematoda	Gammaridea
Polychaeta	Caprellidea
Echiuroidea	Natantia
Sagittoidea	Anomura
Opisthobranchia	Brachyura
Gastropoda	Stomatopoda
Bivalvia	Pantopoda
Decapoda	Crinoidea
Octopoda	Ophiuroidea
Copepoda	Echinoidea
Cladocera	Urochordata
Balanomorpha	Cephalochordata
Mysidacea	(*Oikopleura*)
Isopoda	Pisces

さらに，東[7]によって得られた環境中の底生生物の組成と胃内の餌料生物の組成とを比較して餌の選択性を比較した．

結果と考察

個体数法による解析

個体数法は最も簡便な定量法の1つである．各採集時ごとの全調査個体の胃内から，n 種類の餌料生物が出現し，そのうちある餌料生物 k の個体数を X_k とすると，k が餌料生物の中に占める割合（個体数%：%N）は $\%N=\frac{X_k}{\sum_{k=1}^{n} X_k}\times 100$ で表わされる．

この方法には餌生物の生物量（biomass）の概念が欠けるため，実際の栄養源となっている主食（"main food"[6]）を分析するには必ずしも適さないが，出現した餌料生物の種類とその個体数をデータとしているため多くの質的な情報が得られること，主食以外の個体数の比率が高くなるので，主食以外の餌料の摂食や選択をも検討することができるなどの利点があると考えられる．

Fig. 3，Table 2* によって，この方法でみると，マダイの餌料は基本的には成長に伴って Copepoda ⟶ Gammaridea ⟶ Mysidacea と変化するが，年によって多少変動が認められる．1975年は尾叉長4 cmくらいまでは Copepoda と小型 Gammaridea，4～7 cmでは Gammaridea の比率が高い．7 cmを超えると Gammaridea の比率は低下して 9 cm くらいまでは

＊1978年は6・7月各1回しか調査がなされていない上，当年は資源量が少なく，採集個体が少ないので別に表にして表わしている．

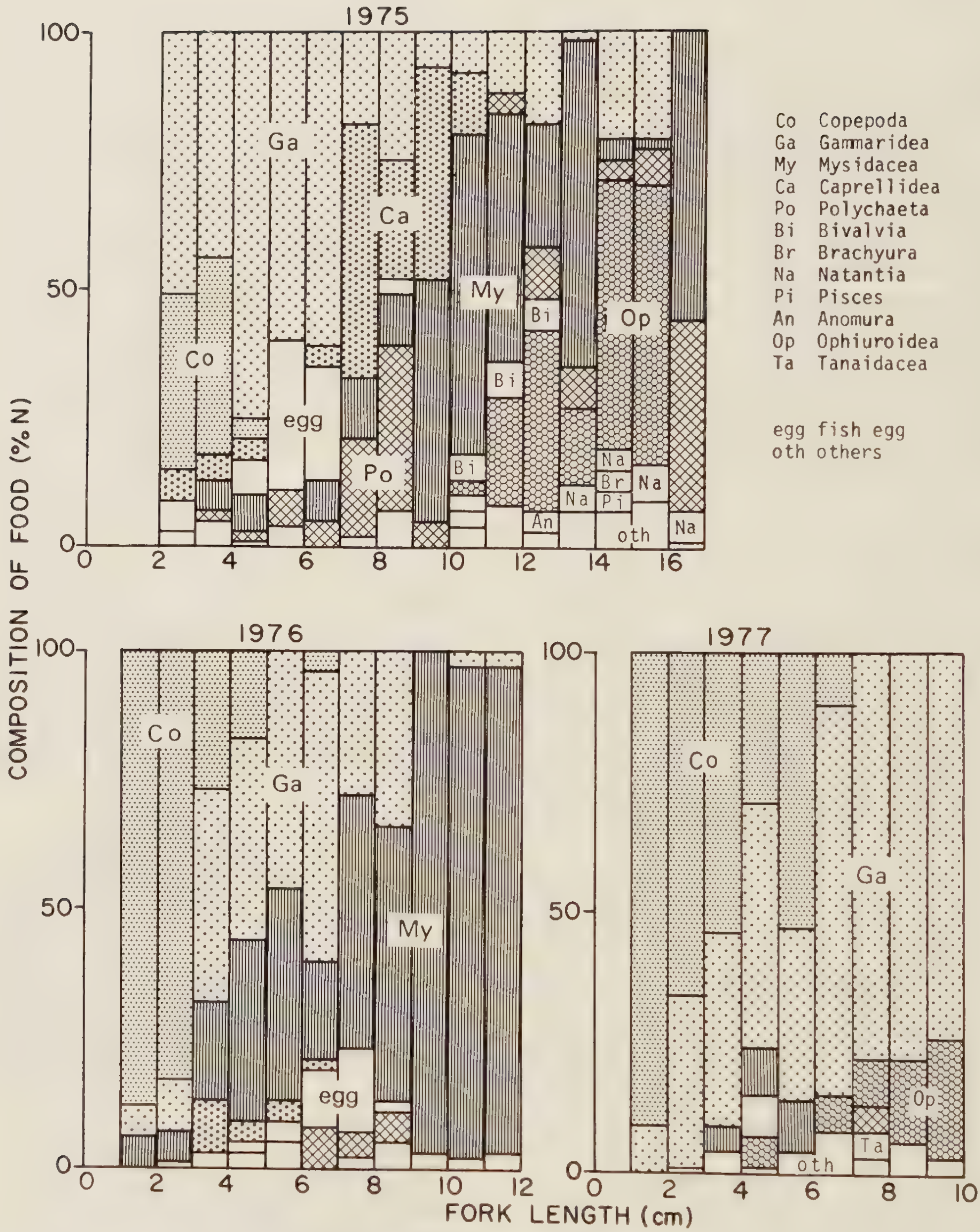


Fig. 3. 成長に伴う餌料組成の変化（個体数法）
Changes of food composition with growth (numerical percentage).

Table 2. 成長に伴う餌料組成の変化（1978年級群）
Changes of food comosition with growth (1978 year class).
NM: number method, PM: point method, OM: occurrence method.

Fork length (cm)	3			4			5			6			7			8		9
Food item / method	NM	PM	OM	NM	PM	OM	NM	PM	OM	NM	PM	OM	NM	PM	OM	NM	PM	OM
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Gammaridea	56.45	93.56	100.00				16.71	65.68	100.00	49.26	28.45	100.00	49.32	27.29	100.00			
Mysidacea							0.30	2.77	20.00	26.47	35.42	72.72	38.36	49.19	75.00	83.33	80.03	100.00
Polychaeta	0.21	15.51	16.67				0.61	10.57	40.00	8.09	20.68	63.64	5.48	13.42	75.00			
Caprellidea	1.69	3.90	66.67				0.61	3.32	20.00	5.88	4.72	36.36						
Isopoda										4.41	9.69	36.36	4.11	8.65	50.00			
Fish egg							1.22	13.81	20.00							16.66	19.97	100.00
Ostracoda										1.47	0.81	18.18	2.74	1.44	25.00			
Copepoda	41.23	0.83	100.00				80.55	3.86	20.00	2.94	0.02	9.08						
Ophiuroidea	0.21	0.16	16.66							0.74	0.20	9.08						
Others	0.21	—	16.66							0.74	—	9.08						
Number of samples	6			0			5			11			4			1		

Mysidacea の占める割合が高く，9 cm を超えると Mysidacea, Ophiuroidea が主で，他に Brachyura, Natantia などが出現する．1976年は'75年に比べて Mysidacea の量が多かったためと考えられるが，胃内容でも尾叉長4～6 cmで Mysydacea の比率が高くなっている．1977年は前2年に比べて4 cm以上で Copepoda の比率が高く，さらに7 cm以上での Gammaridea の比率も高い．1977年は Gammaridea のうちニッポンスガメ（*Dydlis japonicus*）がとくに多かった年であることも考慮する必要があるが，みかけ上は小型餌料への依存度が高くなって基本的な餌料の移行過程が後へずれたような形をしている．1978年はマダイ当歳魚の個体数は少ないが，尾叉長3～4 cmでは，Gammaridea と Copepoda を，5～7 cmでは Gammaridea を主に Mysidacea, Polychaeta を摂っており，1975年と似た組成である．

尾叉長4 cm以下のマダイの摂っている Copepoda は，浮遊性のものが多く，そのほとんどが *Acartia clausi* など底層付近に swarm を作る種[8]であり，志々伎湾においても湾奥部において *Acartia* の swarm が確認されていること[9]や Copepoda とともに小型 Gammaridea や定在性の Polychaeta であるオフェリアゴカイ科のものなどが混食されていることからみて，ごく底層近くで摂られたものと考えられる．また，この Copepoda の中には若干の Harpacticoida も含まれるが，多いときでも10～20%程度であった．尾叉長5 cm以上では Copepoda の中では大型のほふく性 Harpacticoida の割合がきわめて高くなり，ときに尾叉長6 cm以上のもので，大型の Harpacticoida のみを100個体以上摂食しているものもみうけられた．

Gammaridea は志々伎湾の底生生活初期のマダイの胃内に最も多く出現する餌料であり，尾叉長10数mmから10数cmに至るマダイに捕食されている．摂食された Gammaridea の種類や大きさは，マダイの成長に伴い，また年によっても異なっている．出現する主なものはスガメソコエビ科，クダオソコエビ科，ヒサシソコエビ科，ドロクダムシ科などに属する種である．そのほとんどは棲管などを造らない表在性の Gammaridea と思われ，ドロクダムシ等，棲管を造るものを摂食しているマダイもかなりあるが，非造巣性の Gammaridea の方が圧倒的に多く摂られている．尾叉長3 cm以下では体長1～3 mmの大きさの Gammaridea が多く摂られ，Gammaridea を最も多く捕食する尾叉長3～7 cmでは3～6 mm程度の大きさのものが最も多く摂られている．尾叉長8 cm以上の個体では5 mm以上の大きさのものが多く摂られ，尾叉長10cmを超すものでは1 cm以上の大型のもの（スガメソコエビ科のものがほとんどを占める）も摂られていることがある．また1歳魚の胃内容中にもしばしば大型の Gammaridea が出現する．

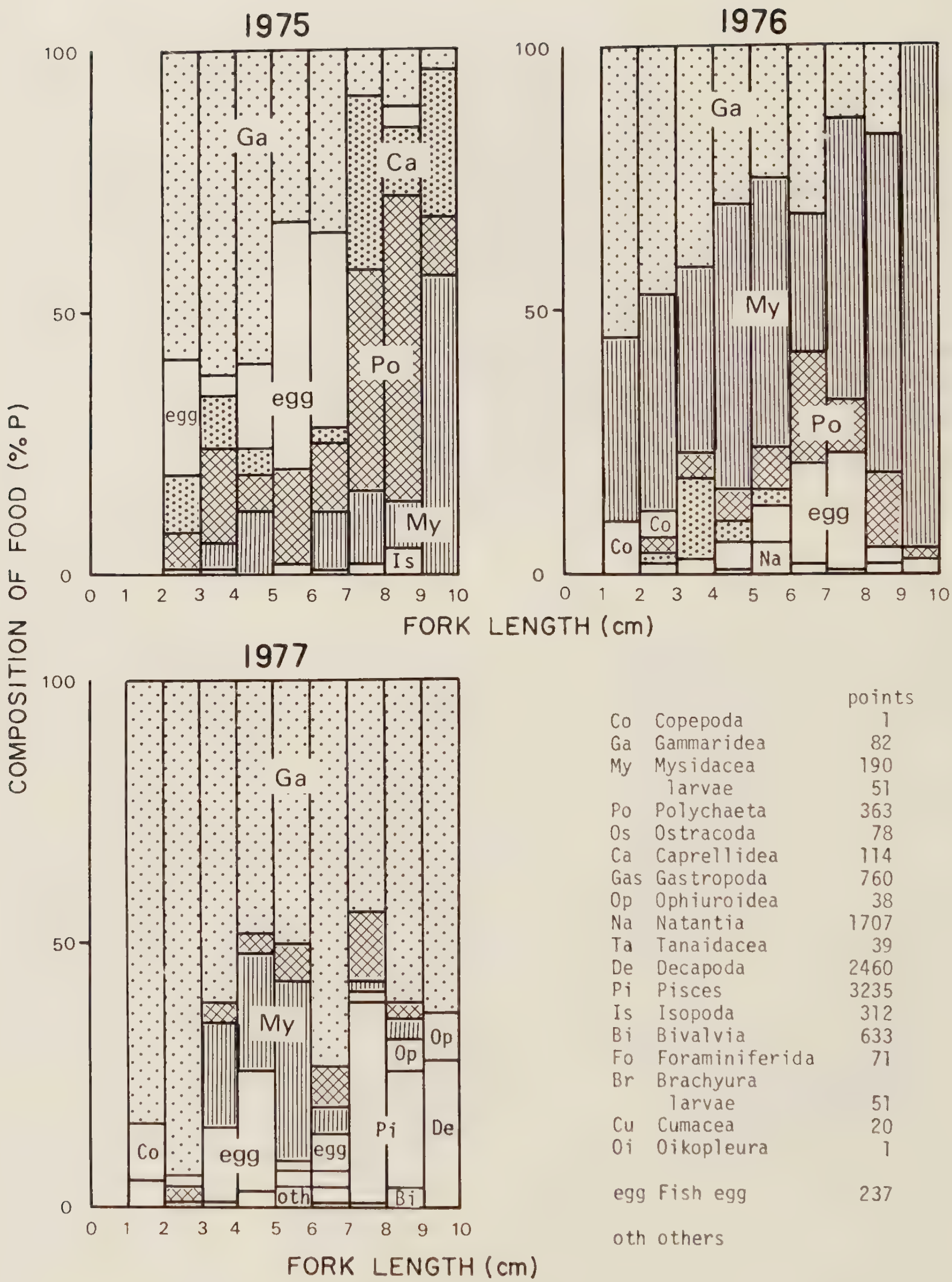


Fig. 4. 成長に伴う餌料組成の変化（点数法）
Changes of food composition with growth (point percentage).

Mysidacea も着底後まもない頃から尾叉長10cm以上に至るまでみられる餌料であるが，3cm未満ではそのほとんどが幼体である．8cm以上のものには Mysidacea のみを100個体近く摂食しているものが多い．

主要餌料以外をみると魚卵は粘着糸をもつ沈性卵がほとんどである．Ophiuroidea は小型のものから大型のものまで数種類が認められ，尾叉長10cm以上の個体から出現するものは大型で，スレッジネットで採集されたものと異なるものが多く，岩礁での摂餌がうかがえる．また，Polychaeta は尾叉長 5～6cmまではオフェリアゴカイ科のものが非常に多く，それ以上ではゴカイ科のものもみられるようになる．

点数法による解析

点数法は復元法の一種で個体数から重量または容量の相対値に換算する簡便な方法である．各採集時ごとの全調査個体の胃内から n 種類の餌料生物が出現し，そのうちある餌料生物 k の個体数を X_k とし，k 1個体あたりの大きさ（重量，容量など）に応じて点数 P_k を与えると，k の点数が全点数に占める割合（点数％：%P）は $\%P=\frac{P_k \cdot X_k}{\sum_{k=1}^{n} P_k \cdot X_k}\times 100$ で表わされる．

この方法を用いると，実際の栄養源として重要な餌料を知ることができる．点数の決め方には種々の方法があるが[10]，本報では1977年7月にマダイの一番多かった湾奥部（定点 T-5）においてスレッジネット（NU S-net[7]）で採集した底生生物の平均体重（湿重量）* を基準にして Fig. 4 に示すように定めた．なお1点は 10^{-5}g に相当する．点数法は同一種類で大小さまざまな餌を摂食するものでは誤差が大きくなること，また瀬に付いてからの餌料生物を考慮していないことなどから考えると，この方法をマダイ当歳魚に適用できる範囲はおおむね尾叉長10cm以下が適当と思われる．

Fig. 4 および Table 2 によると，1975年では尾叉長5cmまでは Gammaridea（50～60%）を，5～7cmでは Gammaridea・魚卵・Polychaeta を，7～9cmでは Polychaeta（40～60%）を中心に Caprellidea・Gammaridea・Mysidacea を，9cm以上では Mysidacea（60%）を主食（"main food"）としていたことになる．1976年は尾叉長7cmくらいまでは主に Gammaridea（30～50%）と Mysidacea（30～50%）を摂り，以後10cmまでは Mysidacea の摂食量が増え，全体として Mysidacea の摂食量が多い．1977年では尾叉長 1～10cmまで最も多い餌料は Gammaridea（50～90%）であるが，その外には1～2cmでは Copepoda（10%），3～6cmでは Mysidacea（20～30%），7cm以上では Pisces，Decapoda 等大型の餌が捕食されている．全体としては Gammaridea の比率が高いのが特徴である．1978年6・7月では75年に似た組成を示していた．

いずれの年も Gammaridea を主食とし，重要な栄養源となっていることがうかがえるが，Mysidacea の分布量の多かった1976年には Mysidacea を多く摂っていたことがわかる．1977年は各体長階級で Gammaridea の摂食量が多く，個体数法のように Copepoda に対して依存度が高まる傾向はうかがえなかった．また各年とも，7cmを超えたものでは，Polychaeta，Pisces，Decapoda，Ophiuroidea などのように1個体の体重の大きい餌が現われ，この時期の重要な餌料を構成しているものと考えられる．

出現頻度法による解析

各採集時ごとにおける全調査個体数を N とし，そのうちある餌料生物 k を摂っていた魚の個体数を n_k とすれば，k の出現頻度（% F）は $\%F=\frac{n_k}{N}\times 100$ で表わされる．

出現頻度法は餌の量的な情報がないこと，%F が高い値を示しただけでは一般的な餌であるか特殊な餌であるかという判断はできないという欠点はあるが，他の方法と組み合わせてその餌が魚にとってどの程度の一般性と重要性をもっているかを考察することができる．

Fig. 5 に主要な餌料である Copepoda，Gammaridea，Mysidacea の出現頻度をマダイの尾叉長ごとに示す．

Copepoda は尾叉長3cm以下では出現頻度80～100%と非常に高く，個体数法でも高い値を示しているので，この時期のマダイにとっては一般的な餌料であるが，摂食された重量では Gammaridea より劣る．3

＊東の未発表データによる．

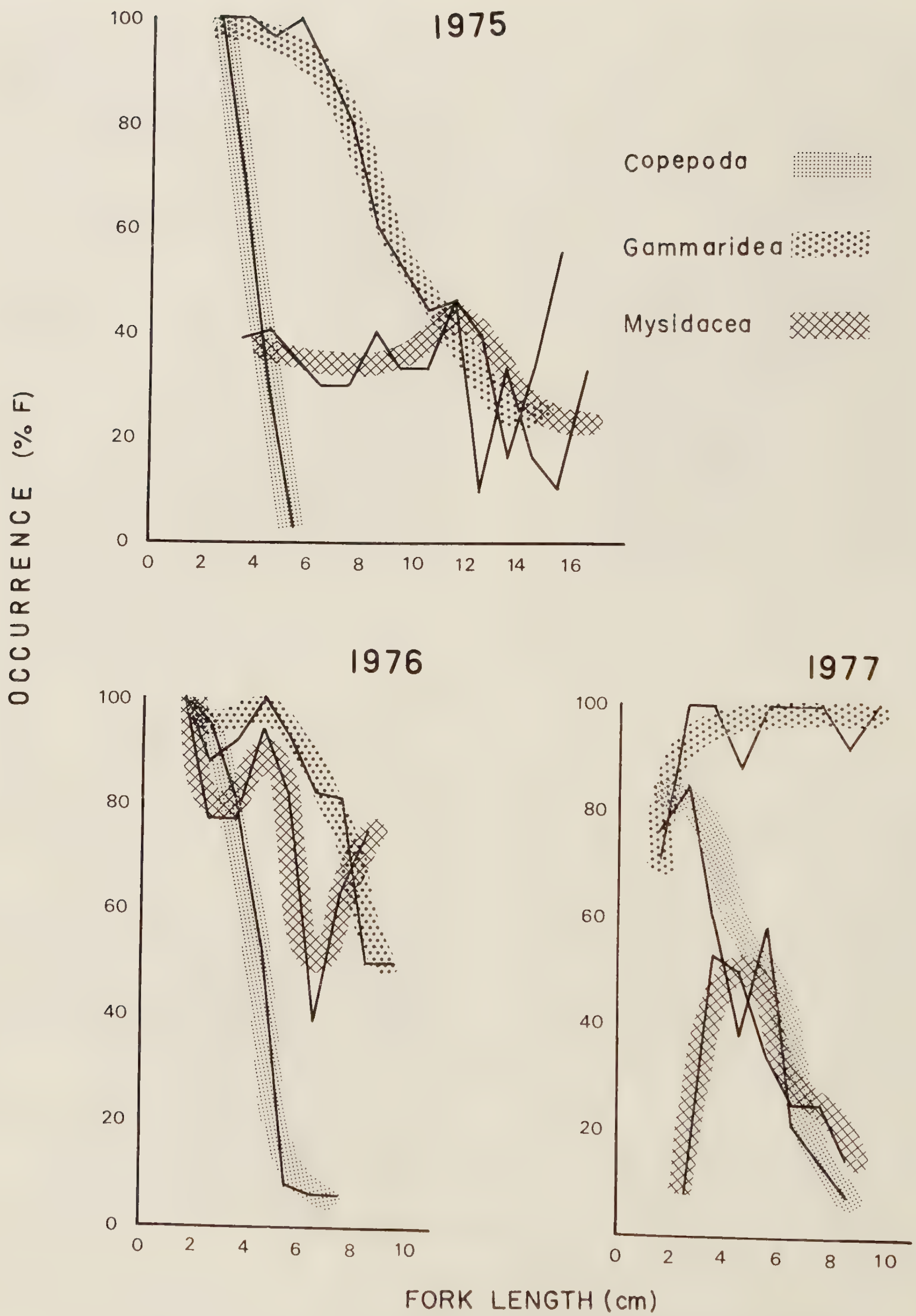


Fig. 5. 成長に伴う餌料生物（Copepoda, Gammaridea, Mysidacea）の出現率の変化（出現頻度法）
Changes of frequency of occurrence of food organisms (Copepoda, Gammaridea and Mysidacea) with growth (occurrence percentage).

cmを超えると出現頻度は急激に減少するが，1975・'76・'78年では6〜7cmまで，1977年では8cmまで出現する．1977年の出現頻度のマダイの成長に伴う減少傾向は，他の年よりゆるやかであり，この傾向は点数法でははっきりしないものの，個体数法でもゆるやかな傾向を示しているので，この年には成長が進んでも他の年に比べてCopepodaに対する依存度が高かったといえる．

Gammarideaは各年とも尾叉長7cm程度までは，ほとんどの個体の胃内にみられる．この時期には個体数法，点数法でも高い値を示し，とくにCopepodaの出現頻度の急減する3cm以上では最も重要な餌料と考えられる．7cmを超えると，1975・'76年では，出現頻度は低下するが，10cm以上になっても出現する．個体数法，点数法でも同傾向であり，餌としての重要性，一般性は7cm以下よりも低下するものの，かなりの部分をGammarideaに依存していることがうかがえる．1975・'76年では7cmを超すとGammarideaを摂らずに，より大きな餌を捕食する個体が増えるのに対し，1977年は11cmに至るまでほとんど全個体の胃内にGammarideaが出現した．点数法においても同様な傾向がみられ，この年は遅くまでGammarideaに依存していたことがうかがえる．

Mysidaceaも尾叉長2cmくらいから10cmに至るまで出現するが，1976年が最も高く，1977年が最も低かった．Mysidaceaの場合は1976年以外ではCopepoda，Gammarideaのようにほとんどの個体が摂っている期間は認められなかった．個体数法，点数法では1976年以外は9cm以上で高い値を示しているが，出現率法の結果を考慮すると，Mysidaceaは重要な餌料ではあるが，Gammarideaのように一般性はなく，とくにMysidaceaが重要となる9cm以上では個体間の差があらわれる傾向がうかがえる．また1976年のようにMysidaceaの多い年では，Gammaridea以上に一般的で重要な餌料となる．

その外の餌料生物(Suppl. table 2)ではPolychaetaは尾叉長2cm以降17cmまで出現する．魚卵は各年ともほぼ尾叉長3〜7cmの間に見られる．Caprellideaは1975・'76年では高い率で出現するが，1977年では出現しない．これらの餌生物は個体数法，点数法の結果を考慮すると，出現するそれぞれのマダイの体長階級で主食("mainfood")に次ぐ餌料となっていると考えられる．

また，1975年のデータで尾叉長10cm以上のものについてみると，それ以下に比べると出現頻度のバラツキが大きく単一種で100%を示すものはない．餌料生物としてはGammaridea，Mysidacea，Polychaetaの外，Brachyura, Natantia, Ophiuroideaが多く，魚類はあまり食べられていない．

主生息場での摂餌生態の検討

上述した3方法を総合し，田中[11]，畔田ら[12]の分布・成長の報告と関連させて，成長に伴う摂餌生態を検討する．

4月下旬から5月にかけて，志々伎湾湾口から湾央において底生生活に移行しつつある尾叉長1.5cm程度のマダイ稚魚は，*Acartia*などの底層にswarmを作る浮遊性のCopepodaや小型のGammarideaを摂りながら，しだいに湾奥に集中してくる．この時期の大きさは尾叉長4cm末満であるが，昼間採集された個体も，前夜半に採集された個体も，胃内には餌が充満している個体が多く活発な摂餌活動がうかがわれる．

6・7月には湾奥の水深10m付近の砂底域に集中分布する．その大きさは尾叉長3〜7cmである．6月に採集したものでは，夜間採集の個体は消化が進んでいるものが多い．石岡[13]は実験によって体長5cm以上のマダイで摂餌の日周期がみられると述べ，畔田ら[14]は志々伎湾において7月のマダイの昼夜の胃内容物量の変化から摂餌の日周期がみられると述べている．6・7月に採集された個体の胃内容物の消化度に昼夜による差がみられることは，この時期では昼夜による摂餌活動の差が大きくなることを示しているものと考えられる．この時期のマダイはGammarideaを主に，Mysidacea，Polychaeta，魚卵などを摂食している．とくにGammarideaはこの時期の最も重要な栄養源と考えられ，湾奥のマダイ当歳魚の分布が集中する水域はGammarideaの密度の高い水域[15]である．他の海域においても，この時期にはGammarideaが重要な餌料となっている[1,16]．

8月になり尾叉長7〜8cmとなったマダイは分布の中心を湾央寄りに移し，餌料をGammarideaからより大型のMysidaceaに移行させる．

さらに，8月中下旬以降尾叉長9〜10cmを超すと，分布域を湾外へも拡大するが，湾内に生息する個体ではNatantia，Brachyura，Ophiuroidea，Polychaeta

などの大型の岩礁生物や Decapoda，魚類などを少数摂るようになり，個体間の差も大きくなる．

餌料の年変動の検討

餌料となる生物の分布量と組成には，年によって変動が認められた[7]．各年のマダイ当歳魚の餌の充満度（index of fullness：胃内容物重量/体重）は個体間のバラツキが大きく，年次間で差があるとはいえなかった．しかし摂食されている餌生物の組成には前述のように年によって相違がみられた．1976年には Mysidacea がマダイの消化管から多く出現すること，1977年には Ophiuroidea や Gammaridea，とくにスガメソコエビ科のものが非常に多いことなど，年によって特徴的な傾向がみられるが，この傾向は環境中の餌料生物の出現傾向[7] と一致していた．

さらに，1976年 6 月と 1977年 6 月のデータ* により，Ivlev の選択指数[17] を用いて主要な餌料生物について選択性を検討した．Ivlev は重量を用いて指数を計算しているが，この報告では個体数と重量（r_i は点数）の両方を用いて計算した（Table 3）．その結果は個体数では上記のような傾向は明瞭でないが，重量でみると Mysidacea の多かった1976年は Mysidacea を，Gammaridea の多い1977年は Gammaridea をより選択的に摂食している傾向がみられる**．また，Foraminiferida, Gastropoda, Bivalvia, Ophiuroidea などのように環境中には多くても，この時期のマダイ当歳魚には利用されないものもあることがわかる．

Ivlev [17] は環境中の餌生物の量と組成，分布状態とともに魚の密度によっても選択性が変化することを明らかにしている．マダイの分布密度は年によってかなり変動し，吾智網の資源尾数指数から求めた 7 月の各年の資源量の相対値は次のようになる[18]．

1975：1976：1977：1978＝1.00：0.69：3.92：0.31，

分布密度が高い1977年の餌料組成を他の年の同一体長の個体の餌料と比較すると，1977年の場合は成長が進んでも Copepoda を摂っている個体が多く，また 7

Table 3. Ivlev の選択指数（1976年 6 月と1977年 6 月の湾奥部のデータによる）
Ivlev's electivity index calculated from the data in June 1976 and 1977 at the inner part of the bay. I: Ivlev's index calculated from numerical percentage, W: Ivlev's index calculated from weight percentage, r_i: percentage of food items in the stomach of red sea bream, P_i: percentage of items collected with epibenthos sampler (NUS net), E_i (Ivlev's index) $=(r_i-p_i)/(r_i+p_i)$

	1976						1977					
	I			W			I			W		
Food item	r_i	P_i	E_i	r_i	P_i	E_i	r_i	P_i	E_i	r_i	P_i	E_i
Mysidacea	53.02	54.47	−0.05	62.72	34.82	0.28	7.90	1.60	0.66	14.18	3.49	0.13
Gammaridea	36.89	20.28	0.29	18.83	9.80	0.31	68.40	16.58	0.61	51.04	15.71	0.53
Polychaeta	3.46	1.59	0.00	7.81	3.44	0.39	1.24	2.48	−0.33	4.28	10.34	0.41
Fish egg	4.61	—	1	6.80	—	1	13.51	—	1	30.26	—	1
Caprellidea	0.86	1.96	−0.39	0.61	0.25	0.42	—	0.19	−1	—	0.25	−1
Tanaidacea	0.29	0.08	0.57	0.07	0.01	0.75	—	0.90	−1	—	0.40	−1
Harpacticoida	0.29	—	1	0.00	—	1	8.73	0.54	0.88	0.08	0.00	1
Natantia	0.29	0.08	0.57	3.06	0.01	0.99	—	—	—	—	—	—
Ophiuroidea	0.29	4.20	−0.87	0.07	11.45	−0.99	—	0.71	−1	—	30.78	−1
Ostrcaoda	—	0.61	−1	—	0.59	−1	0.20	1.07	0.69	0.15	0.96	0.72
Foraminiferida	—	5.34	−1	—	3.69	−1	—	4.09	−1	—	3.33	−1
Cumacea	—	1.02	−1	—	0.51	−1	—	0.50	−1	—	0.12	−1
Gastropoda	—	3.06	−1	—	20.21	−1	—	1.74	−1	—	15.20	−1
Bivalvia	—	1.31	−1	—	12.20	−1	—	1.81	−1	—	13.17	−1

*P_i の値は東（未発表）の epibenthos sampler である NUS-net の採集結果による．マダイの餌料生物は Mysidacea などの planktobenthos，Gammaridea などの epibenthos，Bivalvia などの endobenthos を含むので，採集方法が異なると P_i の値は変化することを考慮する必要がある．

**P_i を計算した東のデータによると定点T－5における Mysidacea の1977年 6 月の分布量（個体数）は1976年 6 月に比べて約1/7，同じく Gammaridea は約 4 倍となっている．

cm以上になってもほとんど全個体が Gammaridea を摂っているという特徴が見られた．前述のように1977年は Gammaridea が多かったということや，さまざまな形であらわれる他魚種の影響[19]も考慮する必要はあるが，現象的には1977年は小型の餌料に対する依存度が高い傾向がみられた．梶山[20]は1寸（3.3cm）を超えてなおプランクトンを主要食物としているものでは，生育が良好でないと述べている．1977年は他の年より10日～2週間成長が遅れていること[12]，他の年には分布量の少なかった湾央および湾奥のアマモ場や港内まですみ場所を拡大したことなどを考えあわせると，1977年のマダイ当歳魚の分布密度は餌料に関してあまりゆとりがなかったことを示しているものと思われる．

要約

長崎県平戸島志々伎湾において，1975年から1978年にかけて小型底びき網と吾智網によって採集したマダイ当歳魚を用いて胃内容物調査を行い，マダイ当歳魚の成長に伴う餌料の変化とその年変動を検討した．餌料の解析には個体数法，点数法，出現頻度法を用いて総合的に考察した．

1．マダイ当歳魚は成長に伴い，その主な餌料を Copepoda → Gammaridea → Mysidacea→Brachyura・Natantia・Ophiuroidea と変化させる．

2．マダイ当歳魚が湾奥部に集中的に分布している6・7月に最も重要な栄養源となっている餌生物は Gammaridea である．

3．マダイ当歳魚の餌料組成は，餌として利用可能な生物の量と組成およびマダイ当歳魚の分布密度によって変化する．

4．マダイ当歳魚の分布密度が高かった1977年には，他の年に比べて，成育が進んでも小型の餌料生物を摂っている傾向が認められた．

文献

1）福岡県福岡水産試験場 1973：幼魚生態．昭和47年度東シナ海・有明海栽培漁業漁場資源生態調査とりまとめ報告書（A．九州西海域篇），35-50，西日本海域栽培漁業事業化推進協議会．

2）立石 賢 1974：九州西海域におけるマダイの生態と標識放流．ミチューリン生物学研究，**10**(2)，129-139．

3）C. S. Elton 1927: Animal ecology. Sidgwick and Jackson Ltd., London.
〔渋谷寿夫訳 1955：動物の生態学．233pp.，科学新興社，東京．〕

4）H. B. N. Hynes 1950: The food of fresh-water sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* and *Pygosteus pungitus*), with a review of methods used in studies of the food of fishes. *J. Anim. Ecol.*, **19**, 36-58.

5）水野信彦 1972：魚類の生態学的研究．「河川の生態学」（沼田 真監修），生態学シリーズ2，103-214，築地書館，東京．

6）J. Berg 1979: Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Mar. Biol.*, **50**(3), 263-273.

7）東 幹夫 1980：志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構―ベントス．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局．

8）M. Anraku 1975: Microdistribution of marine copepods in a small inlet. *Mar. Biol.*, **30**(1), 79-87.

9）上田拓史 1980：志々伎湾における動物プランクトンに関する研究―Ⅰ．1975年4月から8月までの動物プランクトンの組成と橈脚類の分布．西水研研報，(54)，171-194．

10）T. Kikuchi 1966: An ecological study on animal communities of *Zostera marina* belt in

Tomioka Bay, Amakusa, Kyushu. *Publication from Amakusa Marine Biological Laboratory, Kyushu University*, **1**, 1-106.

11) 田中　克　1980：志々伎湾におけるマダイ仔稚魚の生態に関する研究―Ｉ．浮遊生活期仔稚魚の水平分布．西水研研報，(54)，231-258.

12) 畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278.

13) 石岡宏子　1976：摂餌行動記録器に関する予備実験．南西水研研報，(9)，67-75.

14) 畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980：志々伎湾における マダイ当歳魚の 日周期活動．西水研研報，(54)，279-289.

15) 東　幹夫・陣野聡子　1980：平戸島志々伎湾の底生動物群集―Ｉ．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報，(54)，195-208.

16) 今林博道・花岡　資・高森茂樹　1975：生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態―Ｉ．他魚種との関係．南西水研研報，(8)，101-111.

17) V. S. Ivlev　1955: Experimental ecology of fish nutrition. Moscow. (in Russian)
〔児玉康雄・吉原友吉共訳　1965：魚類の栄養生態学，魚の摂餌についての実験生態学．261 pp.，新科学文献刊行会，米子.〕

18) 松宮義晴・遠藤義文・畔田正格　1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定．西水研研報，(54)，315-320.

19) 須永哲雄　1969：摂餌量の変動要因，摂取，魚類生産．「陸水生物生産研究法」(陸水生物生産測定方法論研究会編)．171-177，講談社，東京．

20) 梶山英二　1937：鯛．143 pp.，杉山書店，東京．

Suppl. table 1-1. 底びき網によるマダイ当歳魚採集個体数（1975年群）
Individual numbers of O-group red sea bream (1975 year class) collected by beam trawl.
—: not operated, T-9: near T-1, T-10: nears T-5, G-0: near G-1, G-12: near G-2, G-13: near G-11, G-14: near G-7, G-15: near G-2 (*Zostera* zone), G-16: near G-1 (*Zostera* zone), G-17: near G-1 (*Zostera* zone), G-18: near G-5.

	Station \ Date	Jun. 10	Jun. 22	Jun. 29	Jul. 17	Aug. 19	Sept. 20	Oct. 27	Nov. 19	Dec. 17	Jan. 24	Feb. 15	Mar. 16	Apr. 8	Apr. 25
Day-time	T—1	—	4	4	—	1									
	T—2	4		1	2										
	T—3		—	7	4										
	T—4	4	11	1	1										
	T—5	8	41	24	3										
	T—6	2													
	T—7	—	7	13	3										
	T—8		—		2										
	T—9	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	T—10	—	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total	18	79	50	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Night-time	T—1	—	—	8											
	T—4	—	—	23	2					1					
	T—5	—	—	140	13	2					2		2	2	
	T—7	—	—	4	—	2									
	T—8	—	—	—	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Total	0	0	175	24	4	0	0	0	1	2	0	2	2	0

Suppl. table 1-2. 吾智網によるマダイ当歳魚採集個体数（1975年群）
Individual numbers of O-group red sea bream (1975 year class) collected by Gochi trawl.

Station \ Date		Jun. 11～12	Jun. 21	Jul. 1	Jul. 16	Aug. 20	Sept. 19	Oct. 26	Nov. 18	Dec. 16	Jan. 24	Feb. 15	Mar. 16	Apr. 8	Apr. 24
G—1	1	32	2	80	83	8	148	104		347			6	30	1
G—2	8	32	10	130	31	10	2	1	16	70	2			6	
G—3	—	5	3	51	100	1	1	1		6		42	7		6
G—4	1	10		30	7		7			17	21	34	19	11	84
G—5		8	2		11	10		2		1	19	105	42	73	6
G—6	1	2			1						17	58	19		12
G—7	—	9	—		2	5					14	53	1		12
G—8	—	11	—	2	2	31		35		2	8	42			
G—9	3	1		4	1			6				3			
G—10	—		1	1	2					1	5				8
G—11		—	—	5	1										
G—12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G—13	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G—14		—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G—15	—	—	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G—16	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G—17	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G—18	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
G—0	—	—	—	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	17	110	99	310	241	65	158	149	16	1074	86	337	94	120	129

Suppl. table 1-3. 底びき網によるマダイ当歳魚採集個体数（1976年）
Individual numbers of O-group red sea bream colloected in 1976 by bream trawl.

Station \ Date	Apr.25	May 9-10	May 19	Jun. 3	Jun. 18	Jul. 21
T—1			1	5		
T—2		1	1	3		
T—3						
T—4		3		1	2	
T—5		4	7	11	7	8
T—6			23			
T—7				5		
T—8			4	2	2	2
Total	0	8	36	27	11	10
T—1		2				
T—4		5	16			2
T—5		4	40	36	10	8
T—7		1		6	9	
T—8						
Total	0	12	56	43	19	10

Suppl. table 1-4. 吾智網によるマダイ当歳魚採集個体数（1976年）
Individual numbers of O-group red sea bream collected in 1976 by Gochi trawl.

Station \ Date	Apr.24	May 19	Jun. 2	Jun. 18	Jul. 21	Aug. 19
G—1			6	294	103	4
G—2			7	45	24	19
G—3			7	3	23	29
G—4					1	2
G—5					6	
G—6						
G—7				5	2	
G—8					5	
G—9			1	1	2	
G—10						
G—11		5				
Total	0	5	21	348	166	54

Suppl. table 1-5. 底びき網によるマダイ当歳魚採集個体数（1977年）
Individual numbers of O group red sea bream collected in 1977 by beam trawl.

Station \ Date	May 1	May 21-24	Jun. 13-14	Jul. 13
T—1	1		1	1
T—2			1	9
T—3		1	2	5
T—4		16		35
T—5		146	201	50
T—6		6		25
T—7	—	—	—	—
T—8		46		19
Total	1	215	205	144
T—4	—	—	61	—
T—5	—	—	318	—
T—6	—	—		—
T—8	—	—	7	—
Total			386	

Suppl. table 1-6. 吾智網によるマダイ当歳魚採集個体数（1977年）
Individual numbers of O-group red sea bream collected in 1977 by Gochi trawl.

Station \ Date	May 7	Jun. 14	Jul. 18	Aug. 30
G—1	1	23	35	—
G—2	2	1,528	416	83
G—3		132	194	113
G—4		6	90	46
G—5		22	107	7
G—6		7	40	36
G—7		1	18	1
G—8		12	14	96
G—9		17	19	
G—10			6	
G—11			5	3
G—12	—	—	—	168
Total	3	1,748	944	553

Suppl. table 1-7. 吾智網によるマダイ当歳魚採集個体数（1978年）
Individual numbers of O-group red sea bream collected in 1978 by Gochi trawl.

Station \ Date	Jun. 15	Jul. 14
G—1	7	3
G—2		
G—3	3	110
G—4	2	3
G—5	1	
G—6		1
G—7		
G—8	1	
G—9		
G—10	3	1
G—11	1	3
G—12	—	1
Total	18	122

Suppl. table 2-1. マダイ当歳魚の胃内における餌料生物の出現頻度（1975年群）

Occurrence percentage of each food item in the stomach of O-group red sea bream (1975 year class).

Food Item \ F. L. (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Copepoda			100.00	69.56	29.62	3.22											
Gammaridea			100.00	100.00	96.29	100.00	90.00	80.00	60.00	33.33	44.44	46.15	40.00	16.66	33.33	55.55	
Mysidacea				39.13	44.44	12.90	30.00	30.00	40.00	33.33	33.33	46.15		33.33	16.66	11.11	33.33
Polychaeta			20.00	56.52	44.44	67.74	40.00	60.00	40.00	33.33	11.11	38.46	30.00	50.00	16.66	22.22	16.66
Fish egg			20.00	4.35	22.22	54.83	60.00	10.00	20.00								
Caprellidea			20.00	52.17	40.74	16.12	10.00	80.00	80.00	66.66	33.33						
Cumacea				4.35				10.00					10.00				
Ostracoda					14.81							7.69		16.66		11.11	
Ophiuroidea					3.70	3.22	40.00				11.11	46.15	50.00	50.00	50.00	66.66	16.66
Tanaidacea						3.22		10.00									
Isopoda									20.00								
Bivalvia											11.11	23.07	20.00				
Natantia											11.11	23.07		33.33	16.66	33.33	66.66
Brachyura											22.22		10.00		16.66	11.11	16.66
Anomura												7.69					
Pisces														16.66	16.66	11.11	

Suppl. table 2-2. マダイ当歳魚の胃内における餌料生物の出現頻度（1976年）

Occurrence percentage of each food item in the stomach of O-group red sea bream(1976).

Food Item \ F. L. (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Copepoda		100.00	96.15	80.77	53.13	7.69	5.56	6.25		
Gammaridea		100.00	88.46	92.31	100.00	96.15	88.89	81.25	50.00	50.00
Mysidacea		100.00	84.61	76.92	93.75	80.77	38.89	62.50	75.00	100.00
Polychaeta			7.69	19.23	34.38	42.31	72.22		50.00	71.43
Ostracoda			19.23	3.85	9.38					
Caprellidea			11.54	50.00	40.63	11.54	16.67	6.25	12.50	
Fish egg				3.85	12.50	23.08	27.78	31.35	37.50	7.14
Cumacea				3.85		3.85				
Gastropoda					3.13					
Ophiuroidea					3.13	3.85		6.25		7.14
Tanaidacea						3.85		6.25	12.50	28.57
Natantia						7.69				
Pisces										7.14

Suppl. table 2-3. マダイ当歳魚の胃内における餌料生物の出現頻度（1977年）
Occurrence percentage of each food item in the stomach of O-group red sea bream(1977).

Food Item \ F. L. (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Copepoda		76.47	84.62	60.00	23.08	58.33	20.83		7.69		
Gammaridea		70.59	100.00	100.00	53.85	100.00	100.00	100.00	92.31	100.00	
Mysidscea			7.69	52.73	30.77	33.33	25.00	25.00	15.38		
Polychaeta			7.69	16.36	7.69	41.67	45.83	75.00	7.69	12.50	
Ostracoda				9.09			4.17				
Foraminiferida				3.64							
Fish egg				34.55	38.46	8.33	25.00				
Ophiuroidea					15.38	37.50	54.17	50.00	41.15	50.00	
Tanaidacea						12.50	16.67	25.00	7.69		
Bivalvia						4.17			7.69		
Natantia						4.17	4.17				
Pisces								25.00	7.69		
Decapoda										12.50	
Brachyura		5.88									

平戸島志々伎湾における資源量推定のための マダイ当歳魚の標識放流

木　曽　克　裕*・松　宮　義　晴**

Tagging Experiments for Estimating Abundance of O-group Red Sea Bream, *Pagrus major*, in Shijiki Bay, Hirado Island

Katsuhiro KISO* and Yoshiharu MATSUMIYA**

Tagging experiments for estimating abundance of O-group red sea bream were carried out in Shijiki Bay, Hirado Island, Nagasaki prefecture, during the period from July 20 to August 30, 1977. Liquid latex was used mainly as a tagging mark which was able to classify the each release day from the marking position. The abundance was estimated by multiple tag-recapture census. The results of the experiments are summarized as follows:

1) A total number of 9,441 O-group fishes was tagged and released. 1277 of them were transplanted from Imari Bay to Shijiki Bay for experiments. On July 20, they were released at six fixed experimental points covering the research area which occupies inside half of the bay. Remaining 8,164 fishes were caught in the reseach area of the bay by "Gochi trawl" operated at the same six fixed points during the days from July 22 to August 20. They were released immediately at the points where they had been caught after marking on the trawling boat. A total number of 13,387 fishes was caught by "Gochi trawl" and the total number of 750 tagged fishes was recaptured. Of the recovered 750 fishes, 34 fishes were captured twice and 3 fishes were caught three times.

2) According to JOLLY-SEBER method, estimated values of abundance, survival rate and number of recruitment showed large variation and some of them were unreal.

3) Abundance of each day was also estimated by PETERSEN method based on the tag-recapture data from July 22 to 26 to check reliability of the data. Abundance

昭和54年9月10日受理（Received September 10, 1979）
西海区水産研究所業績第354号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 354）
本報告の大要は1978月4月，日本生態学会第25回大会（福岡市）において発表した．

* 東北区水産研究所（Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory）
** 長崎大学水産学部（Faculty of Fisheries, Nagasaki University）

in number estimated from the data obtained from the Imari Bay fishes was 127700~172,568. On the other hand, the abundance based on Shijiki Bay fishes shows remarkable variation of 22,315 to 313,261.

4) Summing up the tag-recapture data of Imari Bay fish from July 22 to 26, the abundance in number in the research area was estimated as 139,096 (95% confidence limit: ±31,297) by PETERSEN method.

5) From the results of present study, there appears to be considerable influence of changes in behaviour and efficiency of fishing gear accompanying the growth to estimate the O-age group abundance of the red sea bream in such a small bay as Shijiki Bay, without saying the kind of anaytical method applied.

は じ め に

マダイの標識放流は，これまでに数多く実施されており，とくに分布移動を扱ったものが多い[1-4]．一方，資源量推定を目的とした放流には岡田[5-7]や加藤・山田[8]の報告がある．これらの多くは幼魚期以降のマダイが対象となっており，着底期から底生生活初期のマダイ（尾叉長1.5～10cm）については，標識の方法や発見の困難さなどの理由もあってほとんど手がつけられていない．

しかしながら，幼稚魚期の海産魚に対する標識方法はいくつかが考案されている．中でも，RILEY[9] や EDWARDS *et al.*[10] の Liquid latex による方法は，マダイを用いた室内実験でも良好な結果を示している[11]．

筆者らは，1975～'77年に長崎県平戸島志々伎湾において行われたマダイの幼稚魚期の生態調査の中でこの標識方法を併用して資源量推定を行った．すなわち，1975・'76年に主として Liquid latex 標識と従来から用いられている Tag-pin 標識を用いて小規模な放流実験を行った上，1977年7～8月に資源量推定のための本格的な放流を行った．本報告は，その結果と若干の問題点について考察を加えたものである．

報告に先だち，本調査に関して種々の助言と援助をしていただいた西海区水産研究所底魚資源部伊東祐方前部長（現東海区水産研究所資源部長），畔田正格第2研究室長，最首光三前第2研究室長（現日本海区水産研究所資源部長），山田梅芳技官およびマダイ特別研究志々伎グループの方々，校閲をお願いした大滝英夫底魚第1研究室長に厚くお礼申し上げる．また志々伎漁業協同組合の組合員・職員の方々には，野外調査に対してご理解をいただき，種々のご協力を仰いだ．標識放流調査には，長崎大学水産学部，東京水産大学の学生諸君に多大な御協力をいただいた．なお放流用種苗の入手にあたっては，長崎県漁業公社の国分理事，山口参事，飯村小佐々事業所長のお世話になった．以上の方々に対し，心からお礼申し上げる．

調 査 方 法

志々伎湾では，マダイ当歳魚は5月初旬から採集され，6月から8月初旬にかけては湾奥部の水深10m程度の砂底域に集中して分布する．そこで筆者らは分布密度の高い湾奥部から湾中央部にかけての約3㎢を調査対象水域として選んだ．そして，この水域を代表するように6つの定点を設けた(図1)．これらの定点で，1977年7月22日から8月30日までの間の延11日間に96回の吾智網操業を行い，その漁獲物を放流した．放流に当っては放流日を区別し，多回放流・多回再捕の方法をとった．吾智網（一そう吾智）で漁獲されたマダイは，合計13,383尾で，尾叉長は3～10cmであった．この中から活度のよいものを選び，8,164尾に標識をつけて放流した．

一方，これとは別に，調査初日の7月20日，あらか



図 1.　対象水域と定点
円の大きさは操業範囲を示す

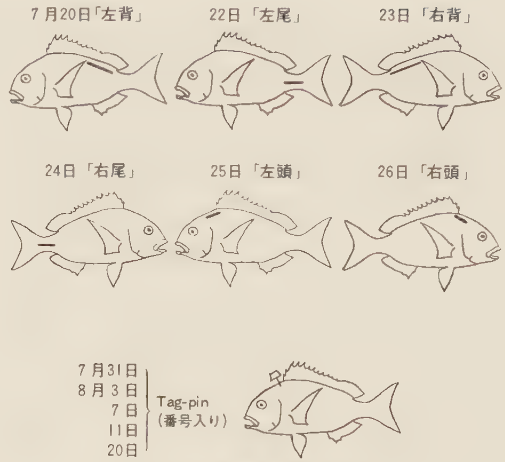


図 2.　標　識　部　位

じめ前日に長崎県伊万里湾から運んだ天然種苗 1,330尾に Latex 標識を施し，志々伎湾のマダイ分布量に比例するように上記定点で放流した．その際，試験的に標識魚50尾を1日蓄養したところ2尾の死亡が認められた．このことから，有効標識率を96%と見積ると，伊万里湾産種苗の有効放流尾数は1,277尾となる． 前記吾智網で採集した志々伎湾産の標識魚は，活度の良いものを用いたので有効標識率を100%とすると， 両者合わせた総放流尾数は9,441尾となる．

用いた 標識は 2種類で， 7月20〜26日の 放流分は Latex 標識，7月31日以降の分は Tag-pin 標識である．Latex の場合， 顕微鏡観察に使用する墨汁（Indian ink）を着色剤として混ぜた液状ゴム（Liquid latex）を皮下注入する方法をとった．なお，標識魚の放流日を区別するため，Latex の場合は日によって標識部位を変え（図2），Tag-pin の場合は番号を記録した．

7月22〜26日には各定点で午前と午後に各1回の漁獲一放流を実施したが，午前中に標識した個体が午後に再捕された時はそのまま放流した．前日までの放流魚が再捕された場合，活度が良いものは新たな標識を加えて再放流した．

このようにして放流された標識魚9,441尾のうち，延べ750尾が再捕された． このうち2回再捕されたものが34尾， 3回再捕されたものが3尾あった．なお湾内では船びき網などによる若干の混獲を除いてマダイ当歳魚を対象とする漁業は行われていない．

結　　　果

Jolly-Seber 法による推定

前述のように，放流マダイは放流日ごとに標識を区別してあるので，Jolly [12]-Seber [13] 法により放流日ごとの資源尾数，放流日間の生残率，加入や逸散などの魚の出入りを推定することができる．表1に放流日別に整理した漁獲尾数，放流尾数ならびに再捕尾数を示した．その際， 2回以上再捕されたものは，再捕日に最も近い日の放流分として取扱っている．

表1をもとに計算した各特性値を表2に示した．すなわち，資源尾数や加入（逸散）尾数は，近接した放流日間でバラツキが大きく，また，生残率が1を超えるなど，納得のいかない非現実的な結果となった．そこで， 放流日を いくつかの グループに まとめて集計し，推定し直すなどの工夫を行ったが，結果は大差がなかった．

このような結果については，考察で述べるようないくつかの要因が考えられる．数量変動の調査では有力な推定方法である Jolly - Seber 法は，一般に水産動物には適用しにくいといわれており，また推定できる特性値の性格からいって調査期間を長くとる方が有

表 1. 放流・再捕とりまとめ

調査月日	回数 i	漁獲尾数 n_i	放流尾数 s_i	放流日別再捕数 m_{ij}											再捕数 m_i	間隔 (日)
				j=1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
7. 20	1	—	1,277	—											—	—
22	2	1,901	1,827	14											14	2
23	3	1,401	1,359	14	37										51	1
24	4	2,053	1,441	20	19	29									68	1
25	5	1,936	1,321	18	50	50	9								127	1
26	6	1,314	1,189	13	17	80	53	50							213	1
31	7	577	133	9	17	13	14	27	13						93	5
8. 3	8	1,022	235	19	4	4	3	10	8	0					48	3
7	9	1,382	278	4	4	13	42	5	13	3	1				85	4
11	10	599	189	1	11	0	5	2	3	0	2	0			24	4
20	11	753	192	0	1	1	4	1	0	1	0	5	0		13	9
30	12	445	—	3	1	0	1	3	0	0	0	1	0	5	14	10
総　計		13,383	9,441	115	161	190	131	98	37	4	3	6	0	5	750	

表 2. JOLLY SEBER 法による推定

調査月日	回数 i	標識率 $\hat{\alpha}_i$	標識個体数 $\hat{M}_i$	資源尾数 $\hat{N}_i$	生残率 $\hat{\varphi}_i$	加入(逸散)尾数 $\hat{B}_i$	加入率 $\hat{\lambda}_i$	間隔 (日)
7. 20	1	—	0	—	—	—	—	—
22	2	0.0074	1,160.1	156,770.3	0.525	−39,403.0	0.521	2
23	3	0.0364	1,560.2	42,862.6	1.301	57,009.4	2.023	1
24	4	0.0331	3,731.0	112,719.0	0.915	−31,395.0	0.694	1
25	5	0.0656	4,669.6	71,182.9	1.253	−43,097.7	0.513	1
26	6	0.1621	7,347.0	45,323.9	0.674	4,352.9	1.143	1
31	7	0.1612	5,612.5	34,817.0	1.699	145,955.6	3.499	5
8. 3	8	0.0470	9,604.7	204,355.3	0.198	−8,789.4	0.782	3
7	9	0.0615	1,938.3	31,517.1	—	—	—	4
11	10	0.0401	—	—	—	—	—	4
20	11	0.0173	358.6	20,728.3	—	—	—	9
30	12	0.0315	—	—	—	—	—	10

効である．ところが，調査期間とした7～8月頃のマダイ当歳魚の生活様式は比較的短期間に変化し，運動能力は急速に発達する．このため，マダイ当歳魚を対象とする場合，いわゆる漁獲能率の経時変化に注意する必要がある．なお，JOLLY -SEBER 法の推定式などの詳細は巌[14]，加藤・山田[8] を参照した．

PETERSEN 法による推定

表1の 7月20～31日の資料を用い， 1式に示す PETERSEN [15] の方法により，各放流日グループについて，再捕日別に資源尾数を推定した（表3）．表3には資源尾数の95%信頼限界を近似式 $\hat{N}\ (1\pm2/\sqrt{m})$ で求めて併示してある．

表 3. PETERSEN 法による推定

標識部位	放流日	漁獲月日	放流尾数 s	漁獲尾数 n	再捕尾数 m	標識率 m/n %	推定資源尾数 $\hat{N}$	上限 95%信頼限界	下限 $\hat{N}(1\pm2/\sqrt{m})$
左背	7月20日	7. 22	1,277	1,901	14	0.74	172,568	264,892	80,244
		23		1,401	14	1.00	127,700	196,096	91,149
		24		2,053	20	0.97	131,649	190,496	72,802
		25		1,936	18	0.93	137,312	201,986	72,638
		26		1,314	13	0.99	128,990	200,450	57,530
		31		577	9	1.56	81,859	136,459	27,259
		計	1,277	9,182	88	0.96	133,021	161,354	104,688
左尾	7月22日	(7. 22pm	944	969	50	5.16	18,295†	23,472	13,118)
		23	1,827	1,401	37	2.64	69,205	91,973	46,437
		24		2,053	19	0.93	196,452	313,341	79,563
		25		1,936	50	2.58	70,814	90,854	50,774
		26		1,314	17	1.29	141,628	210,318	72,938
		31		577	17	2.95	61,932	91,969	31,895
		計	1,827	7,281	140	1.92	95,156	111,237	79,075
右背	7月23日	(7. 23pm	584	815	30	3.68	15,865†	21,656	10,074)
		24	1,359	2,053	29	1.41	96,383	132,141	60,625
		25		1,936	50	2.58	52,674	67,581	37,767
		26		1,314	80	6.09	22,315	27,314	17,316
		31		577	13	2.25	60,400	93,862	26,938
		計	1,359	5,880	172	2.93	46,382	53,478	39,286
右尾	7月24日	(7. 24pm	1,101	812	150	18.47	5,960†	6,931	4,989)
		25	1,441	1,936	9	0.46	313,261	522,206	104,316
		26		1,314	53	4.03	35,757	45,590	25,924
		31		577	14	2.43	59,300	91,026	42,327
		計	1,441	3,827	76	1.99	72,412	88,994	55,830
左頭	7月25日	(7. 25pm	418	1,551	51	3.29	12,712†	16,271	9,153)
		26	1,321	1,314	50	3.81	34,672	44,484	24,860
		31		577	27	4.68	28,226	39,093	17,359
		計	1,321	1,891	77	4.07	39,857	25,057	
右頭	7月26日	(7. 26pm	673	623	20	3.21	20,964†	30,335	11,593)
		31	1,189	577	13	2.25	52,844	82,120	23,568
		左背22〜26日	1,277	8,605	79	0.92	139,096	170,393	107,799
		† 印5つの平均					14,759		

$$\hat{N}=\frac{ns}{m} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

$\hat{N}$ ：推定資源尾数　　s ：放流尾数

n ：漁獲尾数　　m ：再捕尾数．

7月20日放流の伊万里湾産のものから推定した資源尾数は，7月31日を除くと各再捕日とも12〜17万尾台と安定している*．これに対し，7月22〜26日放流の当湾産のものからの推定値は2〜31万尾台と変動が大きく，2例を除けばいずれも伊万里湾産放流魚からの推定値より小さい．また，当湾産の標識魚の再捕日ごとの定点別再捕数（未発表）を詳細に観察すると，再捕率は放流日つまり標識部位によって変動が大きく，特定の放流日（標識部位）に集中することが多い．

このようなことから，当湾産の標識魚は，集団をなして非標識魚と一様に混ざらず，放流定点からあまり大きく移動しなかったものと推測される．一方，伊万

* 7月28〜30日には別の目的で約15,000尾の人工種苗を湾奥部に放流した．このため，天然魚の分布様式に変化が起こり，7月31日の推定資源尾数が81,859尾と小さい値を示したのかもしれない．

里湾産のものは，各定点で比較的偏りなく再捕されており，漁獲努力を減らした7月31日～8月30日の採集でも比較的安定して再捕されている．また，放流してから数日後にごく沿岸で目視観察されていることなどからみて，これらは，あまり集団をなすことなく対象水域にかなり一様に分布していたものと思われる*．そこで(2)式のように7月20日放流魚（伊万里湾産）の7月22～26日の再捕をまとめ，これをもって対象水域の推定資源尾数と考えた．

$$\hat{N}=\frac{s_1\times\sum_{i=2}^{6}n_i}{\sum_{i=2}^{6}m_{i1}}=\frac{1,277\times 8,605}{79}=139,096 \cdots\cdots (2)$$

（95%信頼区間　107,799～170,393）

（記号は表1参照）

なお，標識部位を区別せず，まとめて Petersen 法や Schnabel 法による資源量推定は行わなかった．

考　　察

漁具として用いた吾智網は，図3-aのように鎖と「おどし」をつけたロープで海底を囲い，ロープを巻きながら魚群を後方の網内へ追い込み，漁獲するものである．円形に囲むとその範囲（操業面積）は約18,000㎡（直径約150mの円）となる．吾智網による漁獲

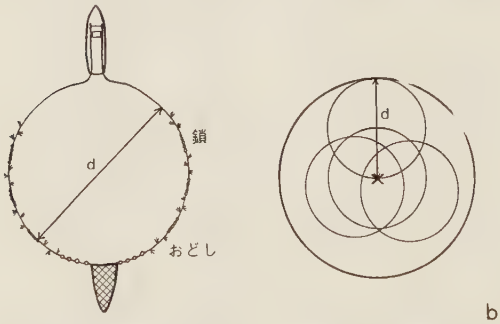


図 3．吾智網（一そう吾智）操業と定点の関係
d：約150 m
×：定点

は，操業者が日ごとに交代した事や，潮流・風などの影響で，また，日によっては刺網・タコツボなどの漁具が入っていたりして，完全に同一定点で操業することはできなかった．そこで定点を必ず操業範囲内に含む最大形を考えると図3-bのように半径150mの円形（面積約0.07㎢）となり，操業は少なくともこの範囲内で実施されたことになる．7月22～26日は，各定点で午前・午後に各1回，漁獲（再捕）―放流を実施した．表3の†印は午前中の放流尾数と午後の漁獲尾数と再捕尾数により推定した資源尾数である．5つの†印の数値はかなりよく揃っており，平均値は14,759尾と計算された．放流から漁獲（再捕）までの期間が非常に短いので，標識魚の集団がおおむね上記の0.07㎢の円形内にとどまっていたとすると，14,759尾は6定点のこの円形内の資源尾数の合計と考えることができる．6定点は対象水域（約3㎢）にほぼ偏りなく配置してあるので，対象水域の資源尾数は14,759×（3/0.07×6）＝105,421尾と計算でき，前節の推定資源尾数の信頼下限とほぼ等しい値となった．用いる漁具や標識魚の性状によってはこのような推定方法も考慮しなければならない．



図 4．湾内13点の1網当り漁獲尾数
（7月18日～8月11日の吾智網資料による）

*原因はよくわからないが，伊万里湾産の魚体は志々伎湾産と比べてやや小さく（尾叉長の範囲は志々伎湾30～75㎜，伊万里湾27～60㎜であり，モードでは約10㎜くらいの差があった），集団をなす性質が弱かったのかもしれない．

松宮ら[16]は，別に行った吾智網操業により求めた資源尾数指数と潜水調査結果を組み合わせ，放流調査と同時期の7月下旬の湾内全体の資源量を約38万尾と推定している．放流調査は，前述のように対象水域をマダイの主生息場である湾中央〜湾奥部に限定したので，直接これら2つの数値を対比することはできない．

そこで，上記松宮ら[16]の用いた吾智網調査のうち7月18日〜8月11日＊の漁獲資料から，湾内13点について1網当り漁獲尾数（1点当り1〜17回操業）を計算し図4に示した．次に，この図に数本の等密度線を引き，密度と線間の面積をかけあわせた．こうして求めた湾全体の資源量指数は標識放流対象水域のそれの1.27倍となった．そこで，先に求めた放流対象水域の推定資源尾数にこの値を乗ずると約18万尾となる．この値は，松宮ら[16]の約38万尾より20万尾少ないが，今のところ両者の推定値の妥当性を詳細に検討する情報はない．

Jolly–Seber 法や Petersen 法を適用するには，標識魚と非標識魚が一様に混じり，両者の再捕確率が等しいという前提が成立しなければならない．当湾産のような集団をなして非標識魚と一様に混ざらない性質を持つ場合は，集団をつくらないように一点に放流せず，広範囲に放流するか，再捕点を定点化せず再捕回数を増やし，確率的な再捕をするなどの方策が考えられる．放流から再捕まで，ある程度の期間をおくのも一法であるが，この場合，成長に伴う非標識魚の調査対象水域からの逸散などによって起こる標識率の変化という問題が生じてくる可能性がある．

マダイ当歳魚の場合，運動能力の発達に伴う漁具能率の経時変化の外に，生活様式の変化にも大きな注意を払う必要がある．吾智網のような漁具は，海底地形・底質により漁具能率は異なるので，分布様式の変化そのものが再捕結果に大きな影響を及ぼす場合もある．本報告では，この点も考慮して短期間の資料を用いて資源量の推定を実施した．

以上のように，内湾などの小水域において，マダイ当歳魚を対象に標識放流調査をする場合は，推定方法の創意工夫の外に，魚の成長に伴う生態の変化や，再捕に用いる漁具の特性などを十分に考慮して，標識魚の再捕が確率的になるように配慮する必要がある．

要　約

1977年7月20日〜8月30日に，長崎県平戸島志々伎湾において，マダイ当歳魚の資源量推定を目的とした標識放流を実施した．標識には主として Liquid latex を用い，放流日を区別した多回放流・多回再捕調査を行い，次のような結果を得た．

1. 調査期間中に放流されたマダイ当歳魚の総尾数は，延9,441尾である．このうち1,277尾は伊万里湾産の天然種苗で，7月20日に湾中央から湾奥にかけての調査対象水域で放流された．残りの8,164尾は，延11日間に対象水域で行われた吾智網操業の漁獲物13,383尾から選び出されたものである．再捕は延750尾で，このうち2回再捕が34尾，3回再捕が3尾あった．
2. Jolly–Seber 法を用いた解析を行ったが，推定値はバラツキが大きく，非現実的な値が多かった．
3. 放流日ごと，再捕日ごとに，7月26日までのデータから Petersen 法により資源尾数を推定した．伊万里湾産放流魚からの推定値は127,700〜172,568尾と安定していたが，志々伎湾産からの推定値は22,315〜313,261尾とバラツキが大きかった．
4. 伊万里湾産の7月22日〜26日の再捕をまとめて Petersen 法により対象水域の資源尾数を139,096±31,297尾と推定した．
5. 志々伎湾のような小水域において，マダイ当歳魚の資源量推定を行うにあたっては，解析法の外に成長に伴う生態の変化，漁具の特性などが推定値に大きく関与する．

＊7月下旬は湾全体の調査を行っていないため，この期間を選択した．

文　　献

1）長崎県水産試験場　1975：昭和49年度　栽培漁業漁場資源生態調査報告書，59pp.

2）熊本県水産試験場　1974：東シナ海有明海域栽培漁業漁場資源生態調査（東シナ海），マダイ，30 pp.

3）矢野　実　1977：標識放流によるマダイの分布と回遊．栽培技研，**4**(2), 27-35.

4）岡田啓介　1970：東シナ海・黄海産マダイ資源の研究－VIII．1966，1967年の標識放流結果からみた黄海産マダイの分布と移動，西水研研報，(38)，9-24.

5）岡田啓介　1967：東シナ海・黄海産マダイ資源の研究-IV．1964年の標識放流調査によって推定された黄海産マダイの資源量．日水誌，**33**(12)，1097-1107.

6）岡田啓介　1969：東シナ海・黄海産マダイ資源の研究-VI．1965年の標識放流調査から推定した黄海産マダイの資源量，日水誌，**35**(1)，18-24.

7）岡田啓介　1970：東シナ海・黄海産マダイ資源の研究-IX．1966，1967年の標識放流調査によって推定された黄海産マダイの資源量．西水研研報，(38)，25-39.

8）加藤史彦・山田悦正　1975：標識放流法による飯田湾のマダイ１才魚の資源量の推定．日水研研報，(26)，1〜16.

9）J. D. Riley 1966：Liquid latex marking technique for small fish. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, **30** (3), 354-357.

10) R. R. C. Edwards, J. H. Steele and A. Travallion 1968：The ecology of O-group plaice and common dabs in Loch Ewe I. Population and food. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **2**, 215-238.

11) 山田梅芳・木曾克裕　1979：小型魚に対する標識方法の検討．底魚資源調査研究連絡，(72)，83-92，西海区水産研究所底魚資源部.

12) G. M. Jolly　1965：Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. *Biometrika*, **52**, (1/2), 225-247.

13) G. A. F. Seber 1965：A note on the multiple-recapture census. *Biometrika*, **52**, (1/2), 249-259.

14) 巌　俊一　1971：標識再捕による動物個体数の推定（I）．生物科学，**23**(1), 14-22.

15) C. G. J. Petersen　1896：The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German Sea etc. *Rept. Danish Biol. Sta.* for 1895.（W. E. Ricker　1958：*Fish. Res. Bd. Canada, Bull.*,（119）より引用）

16) 松宮義晴・遠藤義文・畔田正格　1980：志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定．西水研研報，(54)，315-320.

西水研研報　第54号，昭和55年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 54. Mar. 1980

志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定

松宮　義晴*・遠藤　義文*・畔田　正格

Estimation of the Abundance of 0-group Red Sea Bream in Shijiki Bay

Yoshiharu MATSUMIYA*, Yoshibumi ENDŌ* and Masanori AZETA

In order to elucidate the dynamics of the O-group red sea bream (*Pagrus major*) population in Shijiki Bay (Nagasaki Pref.), the catch of Gochi trawl and beam trawl by operation was examined. The abundance indices in number in 1975, 1976 and 1977 were in the ratios of 1: 1: 7 (obtained from the catch by Gochi trawl from June to August), and 2: 1: 15 (obtained from the catch by beam trawl from May to July).

The visual counting on the red sea bream by diving transect method was carried out in July, 1977. The actual abundance in number can be estimated from the data of the visual counting and the catch of Gochi trawl. The abundance in 1975, 1976 and 1977 reached approximately to 6×10^4, 6×10^4 and 42×10^4 respectively in the mid 10 day of July.

The gear efficiency of Gochi trawl was estimated at 0.0709 in day. In night, it was kept at a low level of one third compared with that in day. The gear efficiency of beam trawl was equal to Gochi trawl on the mid 10-day of June, but decreased considerably with the growth of red sea bream. In night, it increased remarkably reaching two～ten times as many as that in day.

志々伎湾（長崎県平戸島）ではマダイ当歳魚の分布・食性・成長など，その生態についての多くの知見が集積されつつある．これらの成果をもとにマダイ当歳魚の資源変動の機構や収容力を解析するためには，資源量の実数や分布密度を知ることはきわめて重要である．

本報告では志々伎湾内におけるマダイ当歳魚の資源尾数推定を主目的とし，使用漁具の漁獲効率についても検討を加えた．資源量の推定方法は①標識放流調査によるものと，②吾智網操業の資源尾数指数と潜水調査を組み合わせたものの2つに大別されるが，ここでは②について報告する．①については木曽・松宮[1)]を参照されたい．

用いた資料は農林水産技術会議特別研究「資源培養

昭和54年12月10日受理（Received December 10, 1979）
西海区水産研究所業績 第361号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboartory, No. 361）
1978年4月3日，日本水産学会春季大会（東京）にて口頭発表．
＊長崎大学水産学部（Faculty of Fisheries, Nagasaki University）

方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」の一環として，志々伎湾で実施された調査に際して「マダイ特別研究志々伎グループ」により得られたものである．本文に入る前に，本研究への参加と発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所上村忠夫前所長ならびに佐藤重勝所長に深謝する．また，懇切な御指導・御助言をいただいたグループの皆様方と本報告を校閲していただいた長崎大学水産学部岡　正雄教授に厚く御礼申し上げる．

方法および結果

資源尾数指数

1975年5月から1977年8月までの3年間（1976年9月～1977年4月を除く）毎月ほぼ1回，昼間に湾内をほぼ均等に割りふった11定点で吾智網（一そう吾智網）操業を，同じく8定点で底びき網操業定期調査*を実施した（Fig. 1）．定点（i）ごとの1網当り漁獲尾数 Y_{Gi}, Y_{Ti}（G は吾智網，T は底びき網を示す）

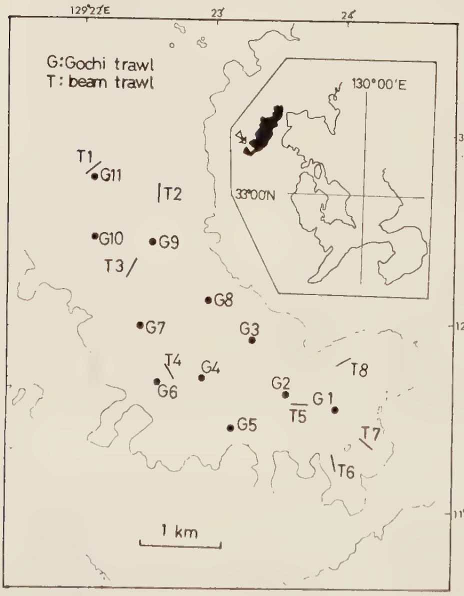


Fig. 1. 吾智網と底びき網の操業定点

Map of Shijiki Bay showing the operation stations.

を合計することによって，調査回ごとの資源尾数指数 P_G, P_T が計算される．何らかの原因で操業ができなかった定点のある場合は，操業した定点の平均値を加え合わせた．

$$P_G=\left(\sum_{i=1}^{n} Y_{Gi}\right)\times\frac{11}{n}$$
$$P_T=\left(\sum_{i=1}^{n} Y_{Ti}\right)\times\frac{8}{n} \qquad (1)$$

n：操業した定点数

Fig. 2～3 に吾智網および底びき網による資源尾数指数の季節変化を片対数グラフにより示した．マダイ当歳魚は5月上旬より漁獲され始め，その後加入が続き，年変動はあるが P_G, P_T とも6～7月にピークに達する．8月になると多くは湾外へ逸散し，P_G は減少するが，一部は(年によってはかなりの量が)冬季にも残留する．湾内では当業船による操業がほとんど実施されていないので，P の最高値からの減少の原因は吾智網では死亡や湾外への逸散などの自然減耗，底びき網では自然減耗と後述する成長に伴う漁獲効率の低下と考えられる．1975年級は9月以降，底びき網では全く漁獲されていない（Fig. 3）．1975年から1977年までの3年間におけるマダイ当歳魚の資源尾数の相対比は，吾智網（P_G）による6～8月の底生生活期ではほぼ1：1：7，底びき網（P_T）による5～7月の底生生活初期では2：1：15となった．Fig. 2の下部にはマダイ分布の中心位置の目安となる分布中心位置指数**（0～1）を示してある．計算には吾智網による

＊通常は1定点で1回の操業．

＊＊操業定点G 1とG11を結ぶ直線上に投影した分布の重心を意味する．

$$\frac{\sum_{i=1}^{n}(Y_{Gi}\times B_i)}{\sum_{i=1}^{n} Y_{Gi}}$$

B_i：G 1を0，G11を1とした場合の各定点の投影点の位置．

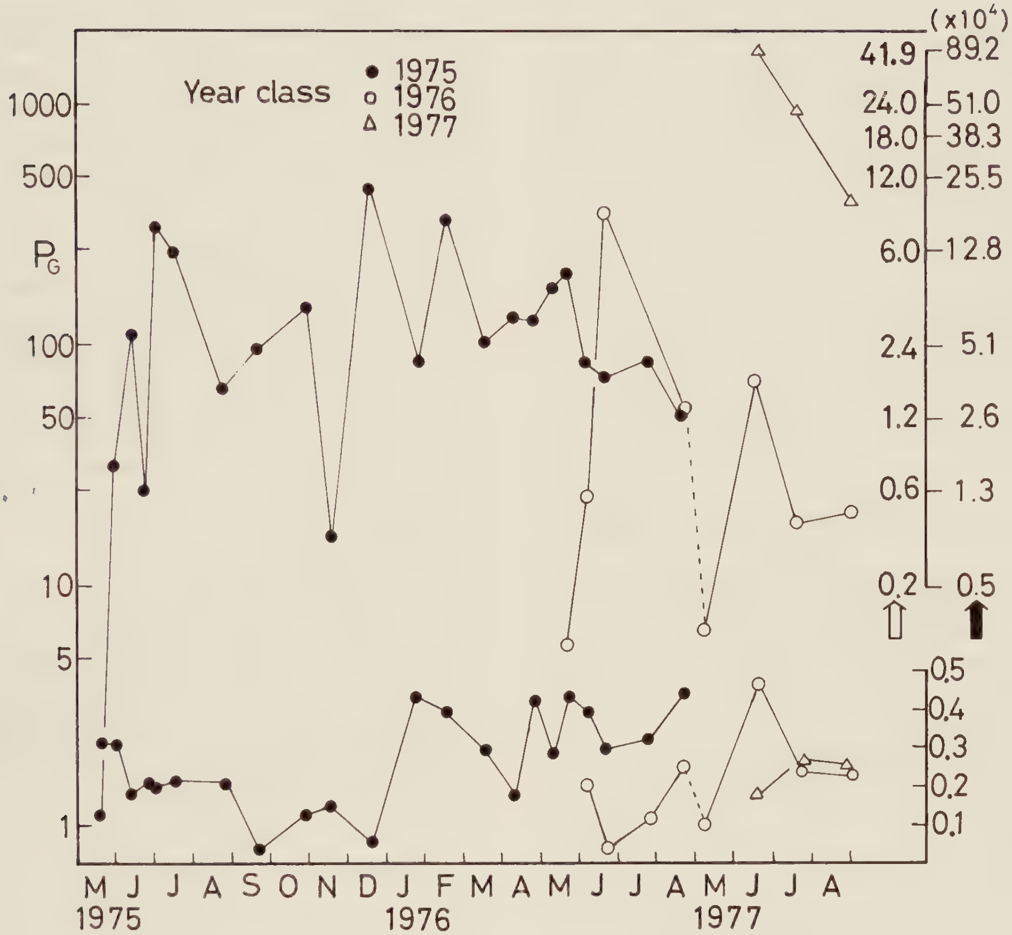


Fig. 2. 吾智網による資源尾数指数の季節変化（下部は分布中心位置指数）
⇧は標識放流調査（木曾・松宮 1980），⬆は潜水調査結果を基本とした推定尾数
Seasonal change of the abundance index in number by Gochi trawl (Lower part indicates the center location index in distribution.) ⇧: estimate by the tagging experiments. ⬆: estimate by the diving research.

定点ごとの1網当り漁獲尾数 Y_{Gi} を用いた．この指数は値の小さいほど，湾奥部に分布していることを表わす．年による変動はみられるが，底生生活の初期に湾奥部に集中した後，成長に伴い次第に湾中央部から湾口部にかけて分布域を拡大する傾向がうかがえる．

資源量推定

1977年7月15日に定点 G2 において， Transect 法による潜水調査を実施した．10mごとに印をつけた長さ50mのロープを海底に張り，ロープを中心に幅2mの帯状の標本地（50×2＝100㎡）内のマダイ当歳魚の目視計数を行った（Fig. 4）．3回（33，38，30尾）計数し，魚群密度は平均0.34尾/㎡という結果を得た．潜水調査の3日前の同じ定点上での吾智網による漁獲尾数は426尾であった．資源量推定の対象としている湾内の水域面積は約7㎢なので，1つの吾智網定点の代表する小水域は0.64㎢となり，これらの値を採用すると吾智網の漁具能率 q^* は

* catchability coefficient 漁獲能率ともいう．ここでは1つの小水域内における単位努力当り漁獲率を意味する．

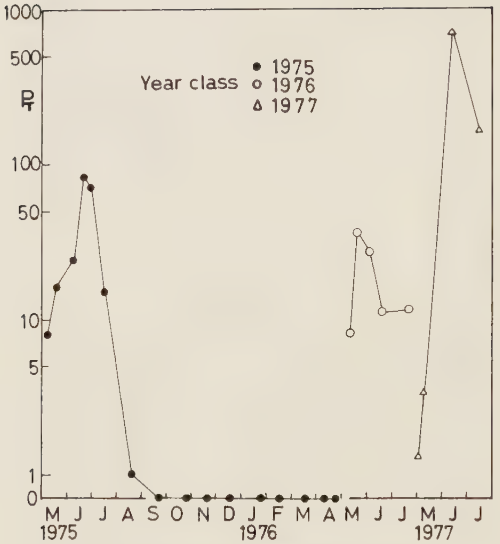


Fig. 3. 底びき網による資源尾数指数の季節変化
Seasonal change of the abundance index in number by beam trawl.

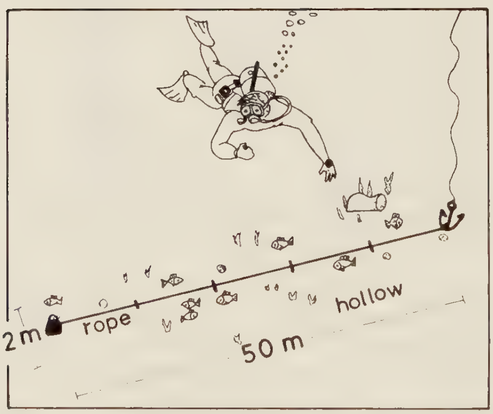


Fig. 4. 潜水調査（Transect 法）の概念図
Notion of the diving research (transect method).

$$q=426/(0.34\times640000)=0.00196 \qquad (2)$$

と計算される。

マダイ当歳魚を対象とした，吾智網の q の経年変化および成長に伴う季節変化はあまり大きくないと考えられる．この q の値を一定と仮定し用いることにより，実際の資源尾数 N は

$$N=P_G/q \qquad (3)^*$$

により推定される． Fig. 2 の右端にこの数値を示した．1977年の最高時（6月14日）は約89万尾，最高密度はこの時の定点 G2 で代表される水域において1.2尾/m²となった．なお1975年から1977年の各年の7月中旬における，湾内のマダイ当歳魚の資源尾数はおおむね6万，6万，42万尾と計算された．

漁 獲 効 率

使用した吾智網（ひき網とヘッドロープの総延長471 m）の囲む面積は17663 m²であり，上記の魚群密度および漁獲尾数を用いると，吾智網の漁獲効率 η_G は

$$\eta_G=426/(0.34\times17663)=0.0709 \qquad (4)$$

と計算される．η_G の経年および季節変化は q 同様あまり大きくないと考えられ，同日同水域で行った吾智網と底びき網の漁獲尾数 Y_{Gi}, Y_{Ti} を比較することにより，底びき網（2ノット10分びき，張竹 6 m，えい網面積3600 m²）の漁獲効率 η_T は

$$\eta_T=\frac{\eta_G}{3600/17663}\times\frac{Y_{Ti}}{Y_{Gi}}=\frac{0.0709}{0.204}\times\frac{Y_{Ti}}{Y_{Gi}} \qquad (5)$$

で試算される．η_G は(4)式の0.0709で一定と仮定している．両漁具ともコットエンドの網目は3 mmで，網目の選択性の影響は考慮しないでよい．使用漁具の構造については畔田ら[2]を参照されたい．

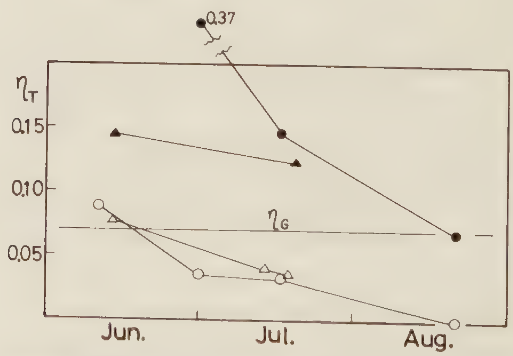


Fig. 5. 底びき網の漁獲効率の季節変化
Seasonal change of the gear efficiency of beam trawl.
○：1975 in day. ●：1975 in night.
△：1977 in day. ▲：1977 in night.

Fig. 5 に1975年と1977年の底びき網の漁獲効率 η_T の季節変化を示した．これには特別に行った夜間操業の結果も加えた．吾智網の漁獲効率 η_G と，η_T（昼間）

$^*N=Y_{G1}/q+Y_{G2}/q+\cdots\cdots+Y_{G11}/q$
$=P_G/q$

は6月中旬頃ほぼ等しいが，マダイの成長に伴い η_T は低下する．1977年7月16〜17日に同一の水域で，2〜5時間ごとに9回，吾智網と底びき網操業を平行して実施した．7時から18時までの昼間5回の吾智網操業が，平均で標準の漁獲効率（0.0709）を示すと仮定し，両漁具の昼夜の差を検討した（Fig. 6）．夜間は吾智網ではおどし効果がなくなるため，効率は約⅓に低下し，底びき網では逆に網から逃避しにくくなるため，昼間の2〜10倍の効率となった．

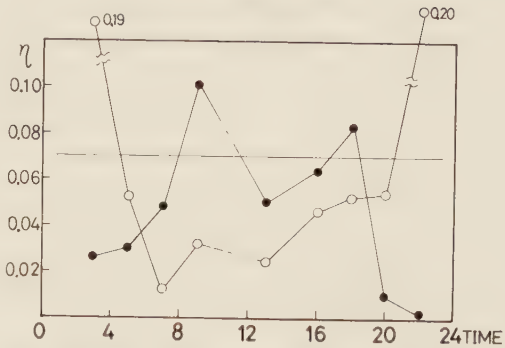


Fig. 6. 吾智網および底びき網の漁獲効率の時間変化
Daily change of the gear efficiency of Gochi trawl (●) and beam trawl (○).

考　　察

Transect 法や Quadrat 法などの面積をもった標本抽出単位による群集・群落調査は，植物や陸上動物ではごく一般に行われている．水産生物においては網漁具による採集が上記に該当するもので，潜水による直接の目視計数の実施例は少ない．木曾・松宮[1]は1977年7月下旬に湾中央部から湾奥部にかけての約3㎢の対象水域で，標識放流調査を実施し，約14万尾という1つの資源尾数の推定値を示した．また近接した時期の吾智網による定点ごとの1網当り漁獲尾数 Y_{Gi} を用いて全体に引き延ばし，本報告と同じ湾全体の水域では約18万尾という資源尾数推定値も示した．本報告による同時期の推定資源尾数は約38万尾になり，20万尾の差異が生じた．どちらの値がより正確かを詳細に検討する情報は現在のところ持ちあわせていない．Fig. 2の右端に両方法による推定値を併示した．

小型底びき網の漁獲効率に関する過去の知見は乏しい．Edwards and Steele [3] は人工的な囲い地に14〜60㎜のツノガレイ類を放流し，口径2 mの底びき網を1.13ノットでえい網して0.25〜0.35の漁獲効率を得ている．Kuipers [4] は同時に実施した囲い網による漁獲と対比するなどの方法により，平均16.4㎝のツノガレイ類の2 m底びき網（約1ノット）による漁獲効率を約0.20と計算している．本報告による尾叉長50㎜程度のマダイ当歳魚に関する底びき網の漁獲効率 η_T は，0.03〜0.09（6〜7月の昼間）と上記に比べかなり小さいものとなった．これは魚種による生活様式や遊泳能力などの差や使用漁具の大きさ，および操業方法の相違によるものであろう．

要　　約

1．1975年5月から1977年8月まで，定点ごとの1網当り漁獲尾数を用いて，調査回ごとに資源尾数指数を計算した．3年間におけるマダイ当歳魚の資源尾数の相対比は，吾智網による6〜8月の底生生活期ではほぼ1：1：7，底びき網による5〜7月の底生生活初期では2：1：15となった．
2．1977年7月に潜水により，マダイ当歳魚の目視計数を実施した．潜水調査と同時期，同水域での吾智網による漁獲尾数と，直接計数結果とを用いて漁具能率 q を計算した．この q の値を用いて，実際の資源尾数が推定され，1977年の最高時は約89万尾，最高密度水域1.2尾/㎡となった．また1975〜77年の各年の7月中旬の湾内の資源尾数は約6万，6万，42万尾と推定された．

3. 使用した吾智網の漁獲効率は0.0709と計算され，夜間はおどし効果がなくなるため，効率は約⅓に低下した．底びき網による漁獲効率は，6月中旬頃は吾智網とほぼ等しいが，以後はマダイの成長に伴い低下傾向を示した．また夜間の操業では昼間に比べて2～10倍の高い効率となった．

文 献

1) 木曾克裕・松宮義晴 1980：平戸島志々伎湾における資源量推定のためのマダイ当歳魚の標識放流．西水研研報，(54)，307-314.

2) 畔田正格・池本麗子・東 幹夫 1980：志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長．西水研研報，(54)，259-278.

3) R. Edwards and J. H. Steele 1968: The ecology of O-group plaice and common dabs at Loch Ewe. I. Population and food. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, **2**, 215-238.

4) B. Kuipers 1975: On the efficiency of a two-metre beam trawl for juvenile plaice (*Pleuronectes platessa*). *Neth. J. Sea Res.*, **9**(1), 69-85.

西水研研報　第54号，昭和55年3月
Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab., No. 54. Mar. 1980

志々伎湾におけるサビハゼとスジハゼの分布および食性

松宮　義晴*・村上　司*・鈴木　庸行*・岡　正雄*

Some Ecological observations on Gobies, *Sagamia geneionema* and *Rhinogobius pflaumi* in Shijiki Bay

Yoshiharu MATSUMIYA*, Tsukasa MURAKAMI*, Tsuneyuki SUZUKI* and Masao OKA*

The ecology (distribution, growth, spawning season and feeding habit) of gobies, *Sagamia geneionema* and *Rhinogobius pflaumi*, was studied in Shijiki Bay to discuss the interspecific relations to O-group red sea bream (*Pagrus major*). These fishes were caught by Gochi trawl and beam trawl during the years 1975 to 1977.
The results are summarized as follows.

1) From April to June, these two gobies inhabited both sandy flat and *Zostera* area in the inner part of the bay. From July on, they aggregated on or near the *Zostera* area.

2) *S. geneionema* measuring 32.3mm in average total length in April grew up to 61.4mm in July. The growth of *R. pflaumi* in total length attained only 20mm during the period from October to June (next year). The spawning seasons were estimated to be the periods from January to March in *S. geneionema* and from May to August in *R. pflaumi*.

3) Both species fed mainly on Copepoda in their early benthic life stage. After this Copepoda period (from 50mm in total length), *S. geneionema* depended mainly on Mysidacea and *R. pflaumi* on Gammaridea.

4) *S. geneionema*, *R. pflaumi* and red sea bream, *P. major*, tended to reduce interspecific competition as follows. The habitats of two gobies overlapped to some extent but their main diets were different. *R. pflaumi* and red sea bream, which fed on the same food items, segregated their habitat. *S. geneionema* depended on different food organisms from red sea bream before July in the same habitat and

昭和54年9月28日受理（Received September 28, 1979）
西海区水産研究所業績　第358号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 358）
1979年4月2日，日本水産学会春季大会（東京）にて口頭発表.
* 長崎大学水産学部（Faculty of Fisheries, Nagasaki University）

inhabited different habitats after August.

魚類群集の中でのマダイ当歳魚の生態的地位を検討するためには，マダイと他魚種との生物的諸関係を明らかにする必要がある．志々伎湾（長崎県平戸島）において， サビハゼ *Sagamia geneionema* とスジハゼ *Rhinogobius pflaumi* はマダイ当歳魚とよく混獲され数量的にも多い．この両種の生活史・生態などに関する過去の研究例は乏しく，いくつかの断片的な報告があるにすぎない．本報告はサビハゼとスジハゼの分布成長および食性を調べ，餌生物や生活空間をめぐるマダイ当歳魚を中心とした3種の魚種間の関係について考察を加えたものである．

この研究は農林水産技術会議による特別研究「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」の一環として行われたものである． 著者らはマダイ特別研究志々伎グループに参加し，本研究を実施した．本文に先立ち，本研究への参加と発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所に深謝する．グループの皆様方には懇切な御指導・御助言をいただいた．とくに，長崎大学教育学部東　幹夫 助教授 と 西海区水産研究所（当 時）木曽克裕技官には胃内容物調査に際し，御懇篤な指導をいただき，西海区水産研究所畔田正格室長には本報告を校閲していただいた．また，長崎大学水産学部道津善衛教授には研究全般にわたっての御指導を賜わった．厚く御礼申し上げる．

材料および方法

本報告に用いた材料は1975年5月から1977年8月まで（1976年9月～1977年4月を除く）毎月1～2回，湾内で実施された吾智網（一そう吾智網，囲網面積約17700㎡）と底びき網（2ノット，10分びき， 張竹6m）操業により採集されたものである．吾智網採集は11定点で昼間222回・夜間21回，底びき網採集は8定点で昼間227回・夜間89回実施した．

当湾は地形・底質[1]，水質[2]，流況[3]などの無機環境や底生生物相・魚類相[4-6]により， 湾口部・湾中央部・湾奥部の3つの特徴ある水域に区分されている．さらに湾奥部はアマモ場のあるごく沿岸部（湾奥部アマモ場）と砂底域に区分できる．これらの水域の採集定点の対応は以下のようである（図1）．

湾口部……T1，T2，T3，G9，G10，G11
湾中央部……T4，G3，G4，G6，G7，G8
湾奥部砂底域……T5，G1，G2，G5
湾奥部アマモ場……T6，T7，T8

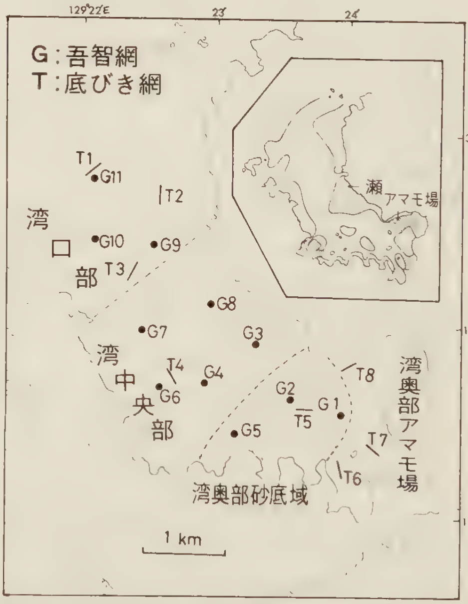


図 1. 吾智網と底びき網の採集定点および水域区分
右上の図はアマモ場と瀬の分布

採集された全標本は，その場で約10%のホルマリン液によって固定し， その後， 個体数・体長（一部のみ）・全長（1㎜単位） および体重（50㎎単位）の測定を行った．また採集標本の一部について，卵巣重量を計測し胃内容物調査* を行った．胃内容物調査は内容物をろ紙上で水分をできるだけ吸収した後，重量を

*サビハゼ・スジハゼの消化管には2回転部があり，調査は食道末端の膨部より第2屈曲部までの内容物について行った．

計測*（50mg単位）し，餌生物の同定と計数を実施した．餌生物の同定は椎野[7]の分類にもとづき，甲殻類は目（同定可能なものは亜目），その他については主として綱まで実行した．

結果および考察

分　布

サビハゼは吾智網により21338尾（昼間21140尾，夜間198），底びき網により12285尾（昼間8475尾，夜間3810尾）計33623尾採集された．スジハゼは吾智網により385尾（昼間137尾，夜間248尾），底びき網により34984尾（昼間17273尾，夜間17711尾）計35369尾採集された．サビハゼの吾智網による採集量は底びき網によるものより多いが，スジハゼの吾智網による採集尾数は底びき網によるものに比べ極端に少ない．これは両種の水平・垂直的な生活空間の差異によるものと思われる．水平的にはサビハゼは砂底域を，スジハゼはアマモ場をそれぞれ主生息場としている（アマモ場には吾智網の採集定点は配置されていない）．さらに潜水観察によると，垂直的にはサビハゼは中〜底層を，スジハゼは底層を生活基盤としている．

上記のようにスジハゼの吾智網による採集尾数は少なく，また夜間は一部の定点でのみ採集を実施した場合が多い．そこで昼間のみの底びき網資料による1975年8月から1976年7月までの1網当り採集尾数の季節変化を，先に述べた4水域別に示した．サビハゼ（図2）は5月から6月にかけて3水域の中では湾奥部に多く分布し，湾中央部・湾口部は周年少ない．また秋から冬にかけては，湾奥部のアマモ場に集中して生活している．夏季の減少の理由は明らかでない．スジハゼ（図3）は湾奥部アマモ場には4月から6月にかけて，湾奥部砂底域には4月から5月にかけて多く分布

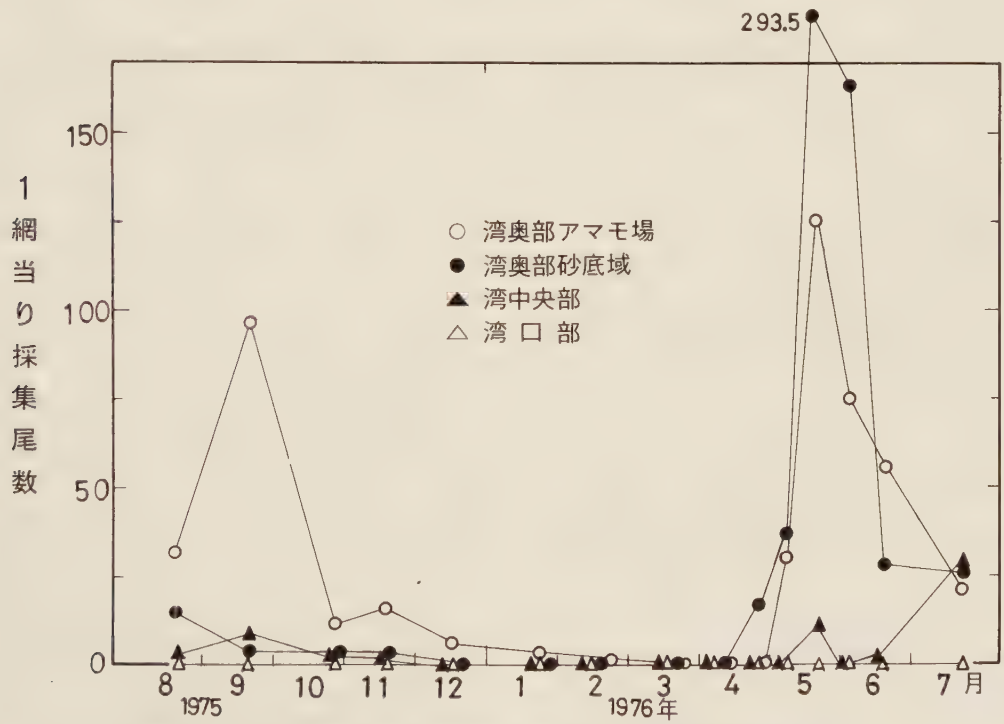


図 2.　サビハゼの水域別1網当り採集尾数の季節変化（底びき網昼間採集資料による）

*餌生物の項目ごとの計量は不可能であった．

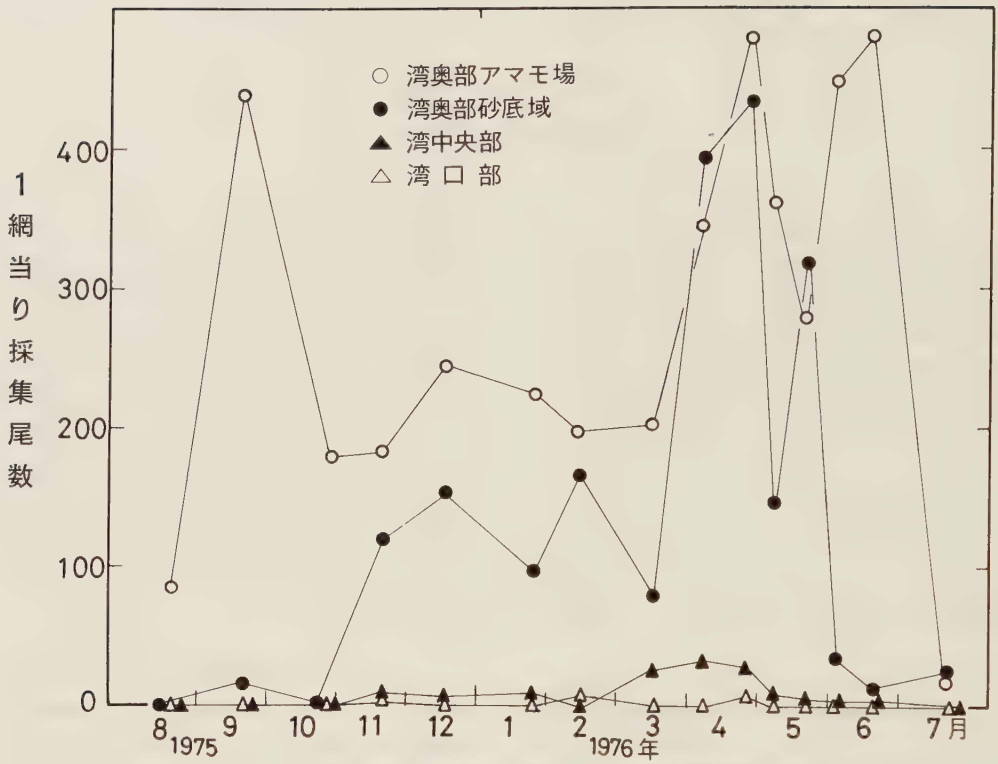


図 3. スジハゼの水域別1網当り採集尾数の季節変化（底びき網昼間採集資料による）

し，冬季でも湾奥部を中心にかなりの量が採集される．3月から4月には湾中央部にも分布域を拡げる．湾奥部アマモ場の9月の極大はスジハゼ幼魚の加入によるもので，このような現象は小池・西脇[8]でも報告されている．冬季の両種の採集量の差は後述する産卵期の寿命の差異に由来するものと思われる．

成　長

毎調査回ごとの全長を採集定点別に3㎜間隔で整理集計し，その頻度分布を求めた．代表として，サビハゼ（図4）は採集尾数の多いG2とT5の1976年4月から7月にかけて，スジハゼ（図5）は分布の中心に位置するT5とT6の1975年5月から1977年7月まで（一部を除く）の全長組成を平均値とともに示した．両種とも漁具および採集定点間における全長組成の大きな差異は見い出せない．また両漁具とも，コットエンドの網目は3㎜で，全長組成をみると網目の選択性による影響は少ないと思われる．

サビハゼは4月から7月にかけて平均全長で，33.3㎜から61.4㎜に成長している．なお1975年8月から11月にかけての平均は8月19日62㎜，9月20日67㎜，10月27日71㎜，11月19日74㎜であった．1975年1～2月に熟卵を持った5個体（全長88～100㎜）が湾奥部アマモ場で採集され，産卵期はこの時期と推測される．このことは長崎県五島列島では1月から3月が産卵期である*という知見と一致している．寿命は不明であるが，1976年4月25日に全長92㎜の個体が採集されたのを最後にその後，大型個体が採集されないことからみて1年前後と推察される．

図6にT6におけるスジハゼの平均全長の季節変化を示した．図5の全長組成の中で明瞭なbimodalな分布を示すものは，単位群ごとに平均全長と標準偏差を計算した．9月から小型群（幼魚）の加入が認められ，10月から翌年6月にかけて平均で30㎜から50㎜に

*道津善衛（長崎大学）：未発表

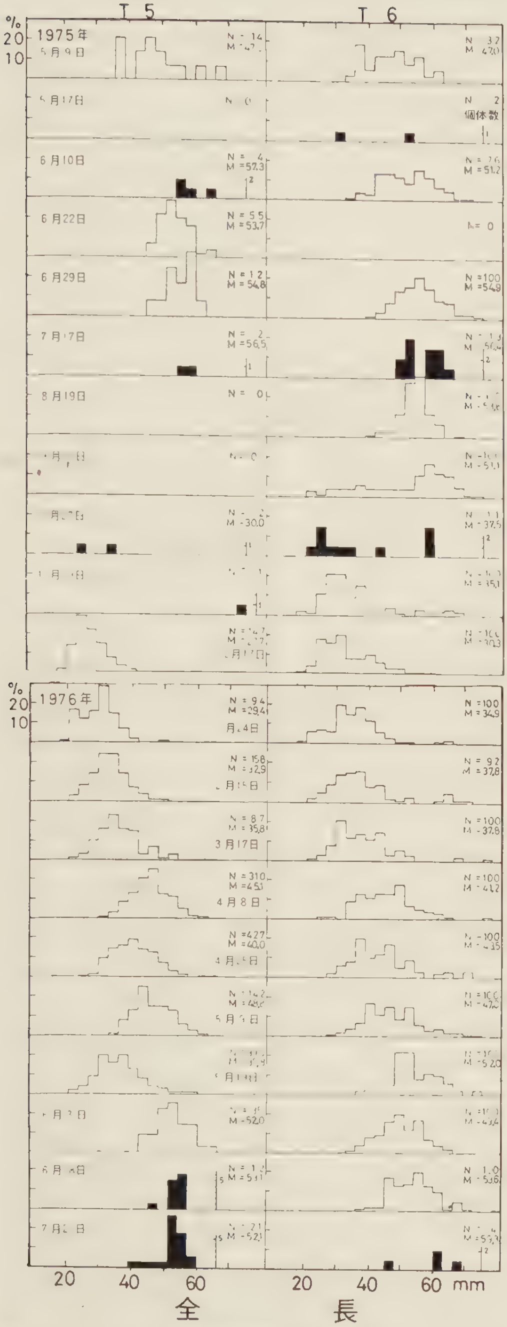


図 5．スジハゼの定点別調査回別全長組成
N：個体数　M：平均全長(㎜)　黒色部は個体数目盛

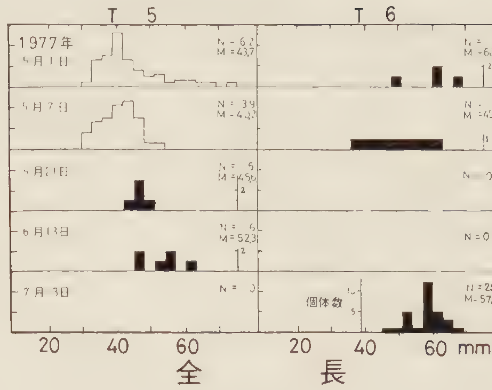


図 5．つづき

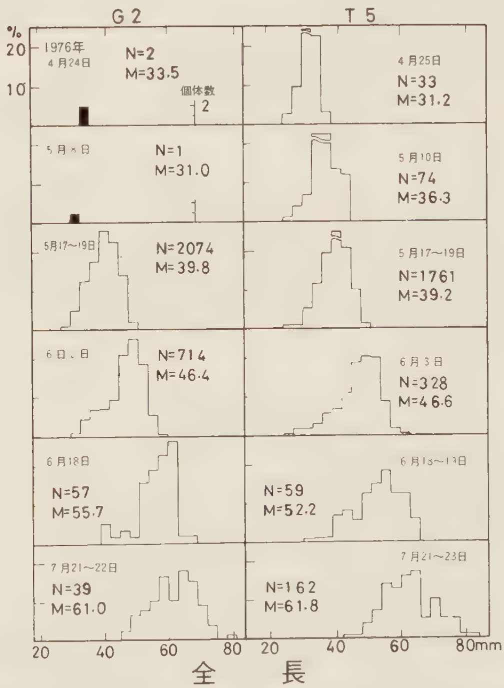


図 4．サビハゼの定点別調査回別全長組成
N：個体数　M：平均全長(㎜)　黒色部は個体数目盛

成長している．産卵期は卵巣重量の季節変化（未発表）からみて，5月から8月までと推定される．岡山県笠岡湾では 6～7月[9]，愛知県伊川津では 6～8月[10,11]，長崎県大村湾では4～9月[12]という報告があり，ほぼ一致している．寿命については，中村[10,11]は2歳未満（一生に1度の産卵），山田[12]は3歳未満

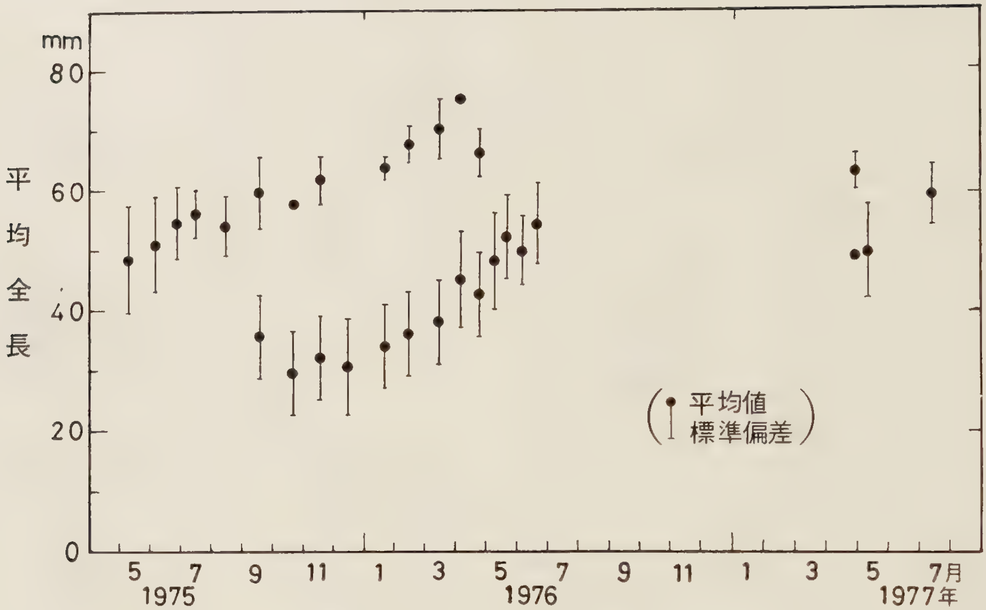


図 6. スジハゼの平均全長の季節変化

(一生に2度の産卵) と報告しているが, 本研究の結果は山田の説を支持している. サビハゼ・スジハゼとも, 詳細な産卵期・寿命については今後の調査研究を待ちたい.

食　性

胃内容物組成 (個体数%) よりみたサビハゼとスジハゼの成長に伴う餌生物の変化を示す (全長5㎜間隔). 1975年8月から1976年7月に採集されたサビハゼ541個体とスジハゼ879個体を用いた. 表1には T5 (湾奥部砂底域), 表2には T6 (アマモ場) におけるサビハゼの結果を調査個体数・空胃率・捕食密度* とともに示す. T5では全長45㎜, T6では55㎜まで橈脚類を主食としているが, 以後はより大型のアミ類とヨコエビ類が主要な餌となり, とくにアミ類の占める割合が大きい. 捕食密度は全長の増大に伴い低下傾向がみられたが, これは餌生物の大型化を反映しているものと思われる. T5 (表1) でははじめ1個体当り橈脚類を10〜20個, 後半はアミ類4〜9個とヨコエビ類1個程度を捕食していた. T6 (表2) でははじめ橈脚類を50〜100個程度, 後半はアミ類1〜6個・ヨコエビ類1〜5個と橈脚類1〜3個を主に捕食していた. なお木曾[13]によると主な餌生物の1個体の重量比は, 橈脚類1：アミ類 (幼生) 51：貝虫類78：ヨコエビ類82：アミ類 (成体) 190であるという. 採集水域別に胃内容物組成の季節変化 (未発表) をみると, 湾奥部砂底域では6月に, アマモ場では7月に橈脚類からアミ類 (ヨコエビ類) に移行している. 1976年7月の採集定点別胃内容物組成 (未発表) は湾内どこも大差なく, 昼夜による組成・捕食密度の差異も小さい.

表3に T5, 表4に T6 におけるスジハゼの胃内容物組成を示す. 両表間で大きな差はなく, 全長50㎜までは橈脚類, 以後はヨコエビ類を主食としている. 貝虫類や多毛類などは成長に伴って増加する傾向がみられる. T6の捕食密度は T5より大きく, 空胃率は低い. T5 (表3) では1個体当り橈脚類を2〜4個 (55㎜まで) とヨコエビ類を0〜31個 (50㎜以後) 捕食していた. T6 (表4) では橈脚類を10〜30個 (50㎜まで) と, ヨコエビ類を4〜12個 (40㎜以後) 捕食していた. 1976年2〜4月の採集定点別胃内容物組成 (未発表) によると, 湾奥部は湾中央部や湾口部よりヨコエビ類の割合が多く, ベントスの分布状態[5]と一致し

* 1個体当りの餌生物個体数, *P/N* (*N*：調査個体数, *P*：餌生物の総個体数)

表 1. サビハゼの成長に伴う胃内容物組成の変化（T 5，湾奥部砂底域）

餌生物名 ＼ 全長範囲mm		25～	30～	35～	40～	45～	50～	55～	60～	65～	70～	75～	80～	85～
橈脚類	Copepoda	95.6	85.4	91.6	70.6		24.7		2.7		2.8	1.6		
アミ類	Mysidacea	4.4	12.2	6.9	28.4	82.9	71.2	88.8	83.7	50.7	27.8	41.3		11.8
ヨコエビ類	Gammaridea		2.4	0.5	1.0	2.5	2.7	11.2	12.2	10.0	6.9	9.5		5.9
タナイス類	Tanaidacea									0.7	1.4			
クマ類	Cumacea										1.4			
貝虫類	Ostracoda								0.7	36.5	56.9	46.0		64.6
等脚類	Isopoda									1.4	1.4	1.6		11.8
短尾類	Brachyura			0.5		14.6								
十脚類	Decapoda									0.7				
魚類	Pisces			0.5					0.7		1.4			5.9
魚卵	Fish egg						1.4							
調査個体数		3	16	9	14	6	6	14	20	14	7	4	0	1
空胃率（%）		0	18.8	11.1	0	16.7	0	14.3	0	7.1	14.3	25.0	—	0
捕食密度		20.3	10.3	22.6	15.1	6.8	12.2	6.4	7.4	8.3	6.4	15.8	—	17.0

（個体数百分率，空白は 0）

表 2. サビハゼの成長に伴う胃内容物組成の変化（T 6，湾奥部アマモ場）

餌生物名 ＼ 全長範囲mm		25～	30～	35～	40～	45～	50～	55～	60～	65～	70～	75～	80～	85～	90～
橈脚類	Copepoda	100.0	100.0	99.8	97.7	92.9	98.6		53.1	36.4	33.7	6.5	15.2	10.2	
アミ類	Mysidacea				1.9	0.5	1.1	62.4	14.1	11.4	10.2	14.5		8.0	43.3
アミ類幼生	〃 larva					0.3									
ヨコエビ類	Gammaridea			0.2		0.4		18.8	25.0	45.4	43.9	19.4	45.8	37.5	26.7
タナイス類	Tanaidacea									2.3	4.1	1.6		2.3	
クマ類	Cumacea								4.7	4.5		1.6	1.7	1.1	
腹足類	Gastropoda				0.2								10.2	1.1	
貝虫類	Ostracoda							18.8			4.1	33.9	25.4	14.8	13.3
二枚貝類	Bivalvia										1.0				
等脚類	Isopoda											1.6		2.3	6.7
短尾類	Brachyura					0.3						1.6			
十脚類	Decapoda										2.0		1.7	3.4	
枝角類	Cladocera					3.0									
蔓脚類	Cirripedia					2.5									
魚類	Pisces											3.2		1.1	3.3
魚卵	Fish egg					0.1	0.3		3.1			1.6			
その他	Others				0.2						1.0	14.5		18.2	6.7
調査個体数		1	3	9	9	14	3	6	10	6	10	11	5	7	2
空胃率（%）		0	0	11.1	0	14.3	0	50.0	30.0	16.7	20.0	9.1	20.0	0	0
捕食密度		127.0	31.3	57.3	48.3	62.1	126.0	5.3	6.4	7.3	9.8	5.6	11.8	12.6	15.0

（個体数百分率，空白は 0）

表 3. スジハゼの成長に伴う胃内容物組成の変化（T 5，湾奥部砂底域）

餌生物名＼全長範囲mm	20～	25～	30～	35～	40～	45～	50～	55～	60～	65～	70～
橈脚類 Copepoda	79.5	78.3	59.3	53.6	42.9	42.6	18.3	8.4		5.7	100.0
アミ類 Mysidacea		1.7	2.2	4.8	1.7	5.3	9.5	18.7		2.9	
アミ類幼生 〃 larva					5.2	1.8	3.6	2.3			
ヨコエビ類 Gammaridea	20.5	18.3	38.5	37.6	46.3	47.9	62.2	61.7		88.6	
タナイス類 Tanaidacea								0.5			
ワレカラ類 Caprellidea					0.4		0.8				
クマ類 Cumacea				2.4	0.9	0.6		2.3		1.4	
多毛類 Polychaeta					1.3	1.2	0.8	1.4			
腹足類 Gastropoda							1.6	0.9		1.4	
貝虫類 Ostracoda				0.8	0.4	0.6	1.6	2.3			
二枚貝類 Bivalvia								0.5			
等脚類 Isopoda								0.5			
ダニ類 Acarina		1.7		0.8	0.9			0.5			
調査個体数	9	11	21	18	26	21	28	26	0	2	1
空胃率（%）	22.0	9.1	9.5	16.7	11.5	4.8	3.6	7.7	—	0	0
捕食密度	4.9	5.5	4.3	7.0	8.9	8.1	9.0	8.3	—	35.0	2.0

（個体数百分率，空白は 0）

表 4. スジハゼの成長に伴う胃内容物組成の変化（T 6，湾奥部アマモ場）

餌生物名＼全長範囲mm	20～	25～	30～	35～	40～	45～	50～	55～	60～	65～	70～	75～
橈脚類 Copepoda	93.8	90.6	85.2	89.8	42.8	52.7	26.0	24.3	13.9	12.4	8.6	6.3
アミ類 Mysidacea			0.6		0.5		1.1	2.8	1.6	1.1	1.7	
アミ類幼生 〃 larva								2.0		2.1		
ヨコエビ類 Gammaridea	4.6	6.8	13.3	7.9	50.6	40.6	56.8	60.5	65.0	78.9	70.9	68.5
タナイス類 Tanaidacea					0.2		1.1	1.7	0.8	1.1	1.1	6.3
ワレカラ類 Caprellidea					0.5	1.6	2.1	1.8	0.4			6.3
クマ類 Cumacea	0.8	0.7	0.3	0.4	0.5	1.8	1.1	0.5	7.5	1.4	1.1	
多毛類 Polychaeta				0.2	0.5	0.7	2.1		4.0	0.4	4.0	6.3
腹足類 Gastropoda			0.3	0.2	1.2	1.6	4.9	3.0	2.8	0.4	1.1	6.3
貝虫類 Ostracoda	0.8	1.6	0.3	1.5	2.7	0.7	1.6	1.5	1.6	0.6	4.6	
二枚貝類 Bivalvia					0.5					0.4		
等脚類 Isopoda						0.3	2.1	0.5	0.4	0.4	0.6	
ダニ類 Acarina		0.3					1.1	1.4	2.0	0.4	5.7	
海蜘蛛類 Pycnogonida										0.4	0.6	
調査個体数	7	22	17	18	24	22	25	21	23	19	30	3
空胃率（%）	0	0	0	0	4.2	4.5	7.7	5.0	8.6	0	0	0
捕食密度	18.7	13.9	18.5	31.9	18.1	16.6	7.1	10.9	11.0	14.3	17.5	5.3

（個体数百分率，空白は 0）

ている．1976年7月と1977年7月の昼夜連続調査（未発表）によると，昼間に比べ夜間はアミ類を多く摂餌する傾向があり，北森ら[14,15]の日出・日入時に摂餌活動が活発になるという事実は認められなかった．なお胃内容物組成作成において，個体ごとの総餌生物個体数による重みづけは行っていない．両種の捕食魚種については畑中ら[16]・松宮ら[19]を参照されたい．

マダイ当歳魚との種間関係

5月から7月にかけ湾奥部においては，サビハゼおよびスジハゼはマダイ当歳魚とよく混獲され，数量的にはこの3種が採集魚類中の上位を占めている．3種が多く分布する5月から7月（1976年）の期間について，これら3種のうちの2種間ごとの生活空間（分布）の重なり度指数 $C\delta$[18] と，胃内容物組成の類似度指数 $C\Pi$[19]を図7に示す．両指数は $0\leqq C\delta\leqq 1$，$0\leqq C_{\Pi}\leqq 1$ の範囲にあり，値の大きいほど分布の重なりが大きく，類似の程度が高いことを意味している．マダイ当歳魚については畔田ら[20]と木曽[13]の資料を用いた．$C\delta$ は底びき網（昼間）によるサビハゼ・スジハゼおよびマダイの調査回別定点別の採集尾数（サビハゼ・マダイ間は吾智網）により計算した．$C\Pi$ は調査回別の T5（湾奥部砂底域）および，各種それぞれの最多採集定点の3種の胃内容物組成（個体数%）により計算した．

サビハゼとスジハゼは5月から7月にかけて，ともに湾奥部に集中的に分布するため $C\delta$ の値は大きい．両種とも橈脚類を主食としている5月上旬は $C\Pi$の値は大きいが，以後サビハゼの主食はアミ類に，スジハゼの場合はヨコエビ類に移行して $C\Pi$の値は低下し，現象的には種間の競合が避けられている．

スジハゼとマダイ当歳魚は一時期を除き，類似した餌生物を摂餌するため $C\Pi$の値は大きい．しかし，マダイが湾奥部砂底域に集中してくるに従い，スジハゼは湾奥部砂底域からアマモ場に分布の中心を移すため，$C\delta$ は小さいものが多く，種間の競合を避ける現象がみられる．

サビハゼとマダイ当歳魚は，マダイが湾奥部に集まってくる6月以降になると $C\delta$ の値は急に上昇するが，サビハゼは橈脚類からアミ類に，マダイはヨコエビ類に主食を転換し $C\Pi$の値は低下する．両種が類似した餌生物を摂餌する8月以降はマダイが分布域を湾

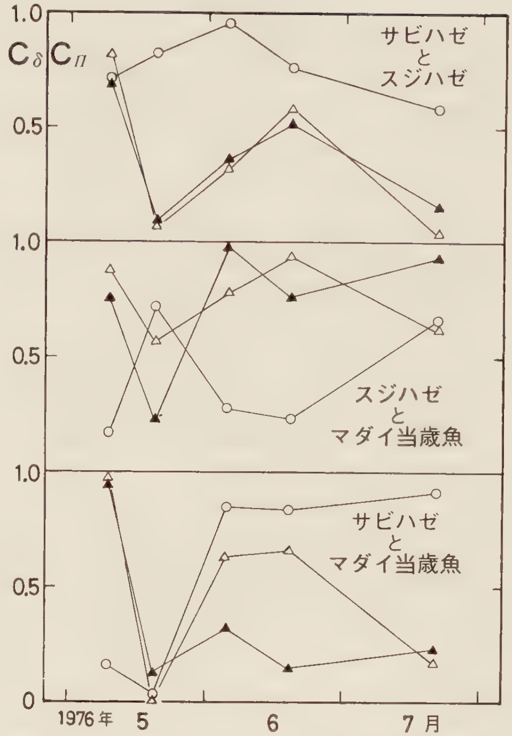


図7．サビハゼ・スジハゼおよびマダイ当歳魚の2種間の重なり度指数（$C\delta$）と胃内容物組成の類似度指数（$C\Pi$）の変化
○：$C\delta$　△：T5における$C\Pi$
▲：それぞれの最多採集定点どうしの$C\Pi$

中央部にも広げるのに対して，サビハゼは湾奥部アマモ場に生活中心を移すため，餌をめぐる競合は緩和されている．

以上のようにサビハゼ・スジハゼおよびマダイ当歳魚は，それぞれすみ場所や餌を結果的にはすみわけたり食いわけたりして，種間の緊張をやわらげる傾向をみせている．しかし，吾智網によるスジハゼの採集量が少ないため，$C\delta$ の計算において使用漁具を3種間で統一できなかった．また $C\Pi$は餌生物の分類項目組成により，類似度の概要を計算したもので，種の同定までは不可能であった．今回得られた結果はこのようにそれぞれ不十分な資料で，一定期間の現象的側面を考察したにすぎず，これらの現象を生起させる普遍的な根拠については今後の課題である．

マダイ当歳魚との種間の関係（競合）についてはアミメハギ[21]，シロギス・セトウシノシタ・アイナメ・

シログチ[22]，ハオコゼ・アミメハゼ[23]，アミメハギ・ウミタナゴ・ウマズラハギ・ウルメイワシ[24]などの報告例がある．しかし，これらは本報告と同様に断片的な現象の記載が多く，魚類相互間の関係の解明は十分とは言えない．マダイの資源培養という実践面からも，今後この方面での発展が待たれる．

要　約

1975年5月から1977年8月まで志々伎湾内で，吾智網と底びき網により採集された材料を用い，サビハゼとスジハゼについて次のような知見を得た．

1. サビハゼは5月から6月に，スジハゼは4月から6月にかけて湾奥部に多く分布し，分布の中心はサビハゼの場合は砂底域，スジハゼはアマモ場となっている．7～8月以降は両種ともごく沿岸部のアマモ場を主生息場としている．
2. サビハゼは4月から7月の間に平均全長32.3㎜から61.4㎜に，スジハゼは10月から翌年6月の間に全長30㎜から50㎜に成長する．産卵期はサビハゼでは1～3月，スジハゼの場合は5～8月と推測される．
3. 全長50㎜前後を境にして，サビハゼは橈脚類からアミ類に，スジハゼは橈脚類からヨコエビ類に中心的な餌生物を転換する．また両種とも成長に伴い，食性の多様化傾向が認められる．
4. 分布域が近似しているサビハゼとスジハゼは6月以降，中心的な餌生物を相違し（食いわけ），類似した餌生物を摂餌するスジハゼとマダイ当歳魚は分布域をずらし（すみわけ），サビハゼとマダイ当歳魚は7月までは食いわけ，8月以降はすみわけをし，直接の種間の競合を避けている．

文　献

1）木曾克裕　1980: 平戸島志々伎湾の海底地形と海底堆積物の特徴．西水研研報，(54)，135-140.

2）浜田七郎　1980: 志々伎湾の海況特性．西水研研報，(54)，141-155.

3）玉井一寿　1980: 志々伎湾におけるマダイ資源の補給機構一流動．資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究（特別研究成果シリーズ），印刷中，農林水産技術会議事務局.

4）松宮義晴・今村秀明・岡　正雄　1978: 志々伎湾のエビ類について．長崎県生物学会誌，(15)，27-29.

5）東　幹夫・陣野聡子　1980: 平戸島志々伎湾の底生動物群集-Ⅰ.マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報，(54)，195-208.

6）中坊徹次　1980: 志々伎湾の底生魚類群集-Ⅰ．主要種の分布と群集の区分．西水研研報，(54)，209-229.

7）椎野季雄　1969: 水産無脊椎動物学．345pp.,培風館，東京.

8）小池啓一・西脇三郎　1977: 伊豆半島下田湾および鍋田湾アマモ場の魚類相の季節的変化．魚類学雑誌，**24**(3)，182-192.

9）布施慎一郎　1962: アマモ場における動物群集．生理生態，**11**，1-22.

10）中村中六　1941: 潮間帯のアマモ（*Zostera*）地帯に於けるハゼ科魚類の季節的消長に就て．水産学会報，**8**，239-255.

11）中村中六　1944: スヂハゼ及びヒメハゼの生活史．同誌，**9**，103-108.

12）山田鉄雄　1957: 大村湾のハゼ類．長崎大学水産学部研報，(5)，104-113.

13）木曾克裕　1980: 平戸島志々伎湾におけるマダイ当歳魚個体群の摂餌生態-Ⅰ．成長に伴う餌料の変化と年変動．西水研研報，(54)，291-306.

14）北森良之介・小林真一　1958: 藻場の生態学的研究（Ⅰ）初夏相．内水研研報，(11)，7-16.

15）北森良之介・永田樹三・小林真一　1959: 藻場の生態学的研究（Ⅱ）季節的変化．同誌，(12)，187-199.

16) 畑中正吉・飯塚景記　1962: モ場の魚の群集生態学的研究-II　モ場周辺の魚群集. 日水誌, **28**(2), 155-161.

17) 松宮義晴・木下　泉・岡　正雄　1980: 志々伎湾における魚食性底魚類の胃内容物調査. 西水研研報, (54), 333-342.

18) M. Morisita　1959: Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ.*, Ser. E(Biol.), **3**(1), 65-80.

19) S. Kimoto　1967: Some quantitative analysis on the chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. *Esakia*, **6**, 27-54.

20) 畔田正格・池本麗子・東　幹夫　1980: 志々伎湾における底生生活期マダイ当歳魚の分布と成長. 西水研研報, (54), 259-278.

21) 矢野　実・仁科重己・高森茂樹・国行一正・上田和夫　1971: 実験漁場における生態とその資源の動態に関する研究. 浅海域における増養殖漁場の開発に関する総合研究, 91-107.

22) 花岡　資・大石修宗　1972: マダイの食性について. 同誌, 185-196.

23) 今村博道・花岡　資・高森茂樹　1975: 生物群集内における稚魚期および若魚期のマダイの摂餌生態-I　他魚種との関係. 南西水研研報, (8), 101-111.

24) 高間　浩　1974: マダイと混獲種の食物関係. 太平洋中区栽培漁業漁場資源生態調査報告書, 31-35.

志々伎湾における魚食性底魚類の胃内容物調査

松宮　義晴*・木下　泉*・岡　正雄*

Stomach Contents Examination of the Piscivorous Demersal Fishes in Shijiki Bay

Yoshiharu MATSUMIYA*, Izumi KINOSHITA* and Masao OKA*

The stomach contents of the piscivorous demersal fishes (10 species, 639 individuals) were examined. These fishes were caught by Gochi trawl and beam trawl during the years 1975 to 1977 in Shijiki Bay.

Lizard fish (*Saurida undosquamis*) and conger eels (*Astroconger myriaster*, *Conger japonicus*) fed exclusively on fish throughout their life. The diets of younger flathead (*Inegocia japonica*), rockfish (*Sebastiscus marmoratus*) and sculpins (*Pseudoblennius percoides*, *P. cottoides*) consisted largely of Crustacea, but later these fishes changed their diets to fish. Flathead (*Inegocia meerdervoorti*), rockfish (*Sebastes hubbsi*) and firefish (*Pterois lunulata*) depended chiefly on Crustacea (Decapoda, Mysidacea, etc.).

Conger eels (*A. myriaster*, *C. japonicus*) were major predator on 0-group red sea bream (*Pagrus major*) and attacked them in night. Lizard fish (*S. undosquamis*), flathead (*I. japonica*), rockfish (*S. marmoratus*) and sculpin (*P. percoides*) were minor predators on red sea bream and preyed on them during day. In 1977 when red sea bream population had about 10 times higher density than that in preceding two years. conger eels were observed to prey actively on red sea bream with 50% or more individuals examined containing red sea bream in the stomach.

マダイ当歳魚の個体群動態を解明するためには，その減耗の機構を把握する必要がある．本報告では魚類の捕食による減耗を究明するため，志々伎湾（長崎県平戸島）で漁獲された魚食性と思われる10種の底魚類の胃内容物調査を実施し，成長による食性の変化について検討した．マダイ当歳魚を捕食する魚種，捕食時刻（季節・場所）などについて検討を加え，底生生活期のマダイ当歳魚の資源量変動に及ぼす捕食魚の影響を考察した．

用いた材料は農林水産技術会議による特別研究「資源培養方式開発のための沿岸域における若齢期タイ類補給機構に関する研究」の一環として行われた志々伎湾における調査研究に際して，マダイ特別研究志々伎グループにより採集されたものである．本文に先だ

昭和54年9月28日受理（Received September 28, 1979）
西海区水産研究所業績　第356号（Contributions from the Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, No. 356）
1979年4月2日，日本水産学会春季大会（東京）にて口頭発表．
＊長崎大学水産学部（Faculty of Fisheries, Nagasaki University）

ち，本研究への参加と発表の機会を与えていただいた西海区水産研究所に深謝する．グループの皆様には懇切な御指導・御助言をいただいた．とくに同所畔田正格室長には本報告を校閲していただいた．胃内容物中の魚類の種類同定には同所山田梅芳技官の御指導を賜わった．厚く御礼申し上げる．

材料および方法

本報告に用いた材料は1975年4月から1977年8月まで（1976年9月～1977年4月を除く），湾内で実施された吾智網（一そう吾智網，囲網面積約17700㎡，コットエンドの網目3㎜）と底びき網（2ノット，10分びき，張竹6m，コットエンドの網目3㎜）により漁獲されたものである．吾智網は11点，底びき網は8点の基本定点を中心に補助定点を適宜加えて実施した（図1）．漁獲された全標本はその場で10%ホルマリン液によって固定し，その後，魚食性の可能性がある10種の標本の全長・体長（頭胴長）・口径（いずれも1㎜単位）・体重（1g単位）・生殖腺重量（50㎎単位）を測定するとともに，以下のような胃内容物調査を行った．全標本のうち，1975年はマダイ当歳魚の多く分布している5～8月に漁獲された10魚種の標本を中心に，1976年はマアナゴとクロアナゴの一部分，1977年は10魚種の大部分の標本を対象とした．10種の底魚類の種名，年別漁具別漁獲尾数，胃内容物調査尾数を一括して表1に示す．

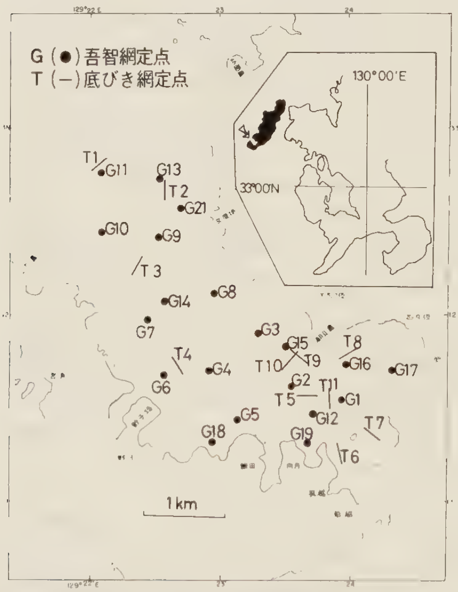


図1．吾智網および底びき網の漁獲定点
G1～11，T1～8は基本定点
G12～21(20を除く)，T9～11は補助定点

胃内容物調査については，林・山口[1]の分類項目に従って，胃中の被食生物を各項目ごとに分類し，その個体数および重量（50㎎単位）を測定した．魚類はできる限り種の段階まで，甲殻類は主として目の段階まで分類した．十脚目についてはエビ類およびカニ類としてまとめ，底生性の端脚目はヨコエビ亜目とワレカラ亜目に分類した．消化が進んでいたり体の一部しか残存しておらず，種名が外見から識別できない魚類は高橋[2]，多々良ら[3]により脊椎骨から魚種名および復元した体重・体長を可能な限り推定した．カタクチイワシ・ウルメイワシ・オキヒイラギ・ヒメジ・マダイ・クラカケギス・スジハゼの7種については多々良ら[3]の推定式（p. 204 Table 1）を用いた．7種以外の被食魚種または脊椎骨が消失している場合は上記の推定式が利用できないので，青山[4]，通山[5]，工藤・通山[6]を参考にして，表2のような独自な8段階の消化度を決め，復元した体重を10㎎まで求めた．例えば，消化度Ⅲの5.00gの被食魚は5.00g/0.825=6.06gと復元される．甲殻類，軟体類などは消化の進んだ個体が少なかったため，消化の影響を考慮せず胃中から出現した重量をそのまま使用した．

結果および考察

各魚種の胃内容物組成

各魚種の胃内容物について，分類項目ごとの出現個体数とその重量を1977年の調査個体全体について総計して表3に示した．この表は図2～10の被食生物の略号の説明も兼ねている．略号は主として学名の頭文字を用いた．メゴチとミノカサゴについては1977年の漁

表 1. 調査種名，年別漁具別漁獲尾数および胃内容物調査尾数

調査種名			1975年		1976年		1977年	
			調査尾数	漁獲尾数	調査尾数	漁獲尾数	調査尾数	漁獲尾数
マエソ	*Saurida undosquamis*	T	35	564	0	397	50	55
		G	100	342	0	429	80	95
		計	135	906	0	826	130(4)	150
マアナゴ	*Astroconger myriaster*	T	12	12	12	124	5	5
		G	0	0	2	4	7	7
		計	12(1)	12	14	128	12(6)	12
クロアナゴ	*Conger japonicus*	T	16	20	2	26	1	1
		G	0	0	0	2	3	3
		計	16	20	2	28	4(3)	4
トカゲゴチ	*Inegocia japonica*	T	49	219	0	315	40	44
		G	6	7	0	5	4	4
		計	55(1)	226	0	320	44(1)	48
メゴチ	*Inegocia meerdervoorti*	T	7	20	0	13	2	2
		G	0	0	0	3	0	0
		計	7	20	0	16	2	2
カサゴ	*Sebastiscus marmoratus*	T	7	49	0	140	35	45
		G	0	4	0	2	0	0
		計	7	53	0	142	35(1)	45
モヨ	*Sebastes hubbsi*	T	19	124	0	155	11	12
		G	0	1	0	0	1	1
		計	19	125	0	155	12	13
ミノカサゴ	*Pterois lunulata*	T	1	8	0	3	0	1
		G	6	12	0	4	2	2
		計	7	20	0	7	2	3
アナハゼ	*Pseudoblennius percoides*	T	19	64	0	161	19	22
		G	0	11	0	7	2	4
		計	19	75	0	168	21(1)	26
アサヒアナハゼ	*Pseudoblennius cottoides*	T	22	145	0	42	53	58
		G	0	9	0	1	9	9
		計	22	154	0	43	62	67

T：底びき網　G：吾智網　（ ）内はマダイ捕食尾数

表 2. 消化度の概要

胃内容物の消化状態	消化度	復元体重との関係	用いる百分率
		%	%
ほとんど原形	I	95〜100	97.5
皮ふがやや分解しかけている	II	85〜 95	90.0
頭部，腹部のいずれか一部消化	III	80〜 85	82.5
頭部，腹部，尾部が消化	IV	50〜 80	65.0
原形はくずれているが，大まかな種類の判別可能	V	40〜 50	45.0
椎体，筋肉の一部のみ残存	VI	20〜 40	30.0
魚類であると識別可能	VII	10〜 20	15.0
粘液状	VIII	0〜 10	5.0

獲個体数が少なかったため，1975年漁獲の標本も加えた．図2〜5は表3を重量百分率（左側）と個体数百分率（右側）に直したもので，被食生物のうち魚類とその他を上下に分離し（マダイのみ黒地），当湾における食性の概要を示した．なお百分率を計算するにあたって，捕食魚個体の大・小および各個体の胃内容物全体の重・軽による重みづけは行わなかった．

調査対象とした10魚種のうち，マエソは主として湾中央部から湾奥部にかけての砂底域に広く分布しており，マアナゴ・クロアナゴ・トカゲゴチ・メゴチは湾奥の砂底域やアマモ場を主生息場としている．さらにカサゴ・ミノカサゴはガラモ場を，モヨ・アナハゼ・アサヒアナハゼはアマモ場を主な生活の場としている[7]．

表 3. 各魚種の胃内容物組成〔項目別重量（右側）出現個体数（左側）〕

魚種名		マエソ		マアナゴ		クロアナゴ		トカゲゴチ		メゴチ		カサゴ		モヨ		ミノカサゴ		アナハゼ		アサヒアナハゼ	
調査個体数		130		12		4		44		9		35		12		9		21		62	
空胃個体数		3		0		0		1		0		0		0		0		0		0	
項目	略号	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数	重量	個体数
ウルメイワシ	EM	111.81	46																		
キビナゴ	SJ	47.65	10	3.49	1																
マイワシ	SM	11.93	6	1.84	1																
カタクチイワシ	EJ	145.95	36			1.07	1											10.31	3		
イワシ類	C	13.08	10																	0.00	5
トビウオ	PA	22.31	1																		
クダヤガラ	AJ																			0.82	5
オキヒイラギ	LR	21.69	6																		
マダイ	PM	21.40	4	37.81	6	24.52	4	7.28	2			2.49	1					0.28	1		
チダイ	EJT					7.87	1														
ヒメジ	UB	2.59	2	5.02	6	1.28	1	0.48	1	0.35	1	1.38	1			0.40	2	0.81	1		
ネズッポ類	C															0.22	1				
アオタナゴ	DT							7.39	1			2.84	2	1.94	1					2.18	1
クラカケギス	PS											0.94	1								
アゴハゼ	CD																			0.31	2
サビハゼ	SG	5.35	5	0.74	1	1.94	1	10.32	7			2.19	2					3.73	12	2.28	4
スジハゼ	AP			2.51	2			3.16	2							5.39	2	2.06	1	2.62	2
ハゼ類	G	15.19	6					4.00	2			0.03	1			0.42	4			4.82	8
アミメハギ	RE													0.20	1					0.97	1
*	F′	8.82	3					3.20	1							2.11	1	0.69	2	0.67	1
**	F	47.59	33	1.28	2			12.71	4	0.67	1	0.67	1			0.33	1	1.51	7	12.13	9
貝虫類	Os			0.02	1	0.01	2			0.00	1										
橈脚類	Co			0.01	2	0.00	1					0.02	1					0.01	9	0.00	1
アミ類	My			0.05	1					1.47	286	0.03	4			1.56	137	0.14	21	2.65	269
等脚類	Is			0.21	2			0.05	1			0.82	4	2.26	16			0.00	1	0.05	2
ヨコエビ類	Ga			0.61	19	0.08	1	0.09	6	0.09	4	0.93	25	0.45	6			0.10	28	0.59	18
ワレカラ類	Ca							0.00	1	0.00	1									0.54	21
エビ類	Na			0.43	3			5.62	20			2.30	9	1.38	9	0.10	1	0.77	2	2.65	30
カニ類	Br			0.59	1			19.40	31			11.97	28	17.93	11	16.67	8	0.17	4	0.20	2
その他の甲殻類	C							0.56	2	0.20	1	0.20	5	0.67	2					3.28	11
巻貝類	Gas							0.01	2												
ウミウシ類	Nu											1.77	1								
二枚貝類	Pe															0.96	1				
イカ類	De	7.79	3																		
タコ類	Oc			7.50	1																
ゴカイ類	Po			0.05	1																
魚卵	Eg																	0.01	1	0.51	4
ウロコ	Sc	0.05	1					0.05	1												
植物	Pl	0.38	5	0.01	1			0.47	5	0.00	1			0.26	1	0.11	2	0.05	1	0.01	1
***	N′	0.50	5					0.65	3	0.00	1	0.45	6					0.05	1		
合計		484.08	182	62.17	51	36.77	12	75.44	92	2.78	297	29.03	92	25.09	47	28.27	160	20.69	95	37.28	397

重量は g 単位　＊種名が不明な魚類　＊＊消化が進んで同定不能な魚類　＊＊＊同定不能な生物　空白は 0

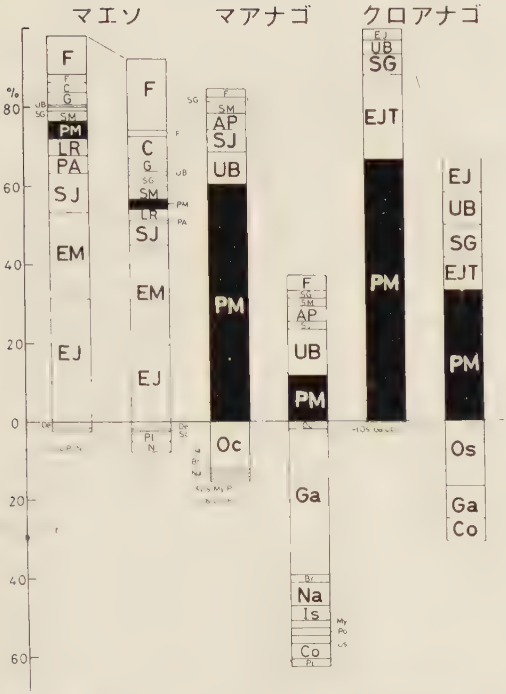


図 2.　マエソ・マアナゴ・クロアナゴの胃内容物組成
重量百分率（左側）と個体数百分率（右側）
上部は魚類，下部はその他

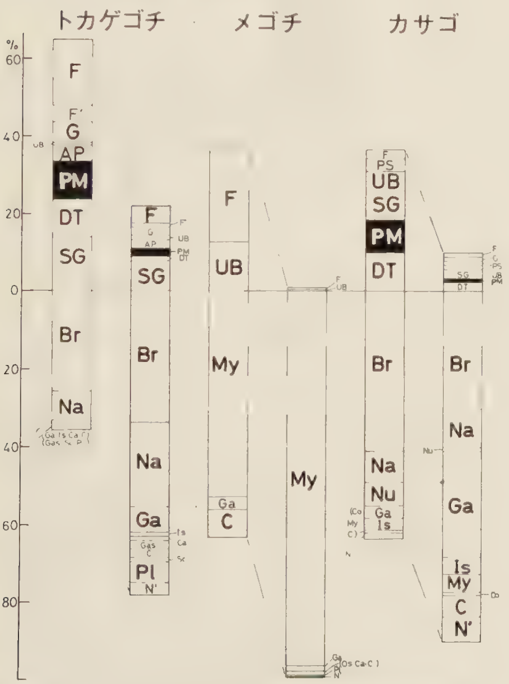


図 3.　トカゲゴチ・メゴチ・カサゴの胃内容物組成

マエソ（図2）は顕著な魚食性を示し，カタクチイワシ・ウルメイワシ・キビナゴなどのイワシ類を主食としている．マアナゴ（図2）はマダイ・ヒメジ・スジハゼなどの砂底域に多い魚種およびタコ類を捕食している．胃中のアミ類・貝虫類は被食生物の消化管から流出したものと推測される．クロアナゴ（図2）も魚食性で，マダイ・チダイ・サビハゼ・ヒメジなどを捕食している．貝虫類・橈脚類はマアナゴと同様に，被食生物に由来するものと考えられる．

トカゲゴチ（図3）はサビハゼ・スジハゼなどのハゼ類やマダイ・アオタナゴを捕食しており，カニ類・エビ類などの甲殻類もかなりの割合を占めている．メゴチ（図3）はアミ類を主食としており，魚類の比率は低い．カサゴ（図3）はエビ類・カニ類・ヨコエビ類などの甲殻類の比率が高い．モヨ（図4）はカニ類・等脚類・エビ類を主食としている．ミノカサゴ（図4）はカニ類・アミ類が多く，スジハゼも若干捕食し

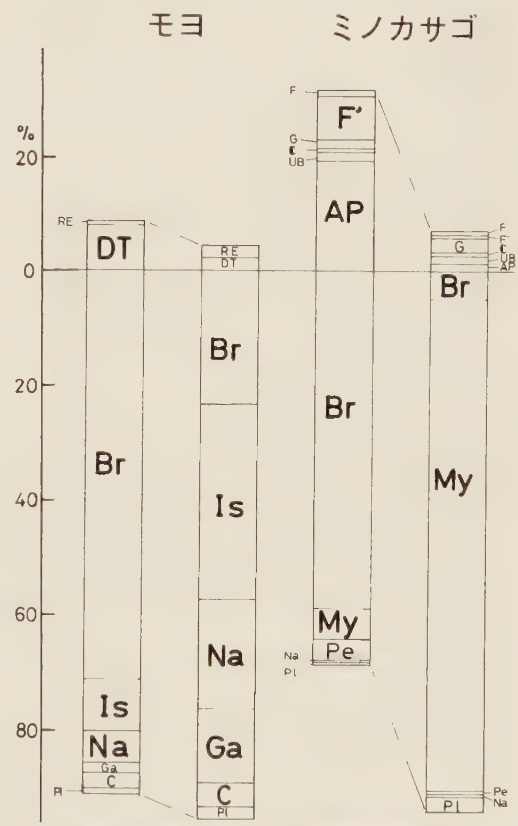


図 4.　モヨ・ミノカサゴの胃内容物組成

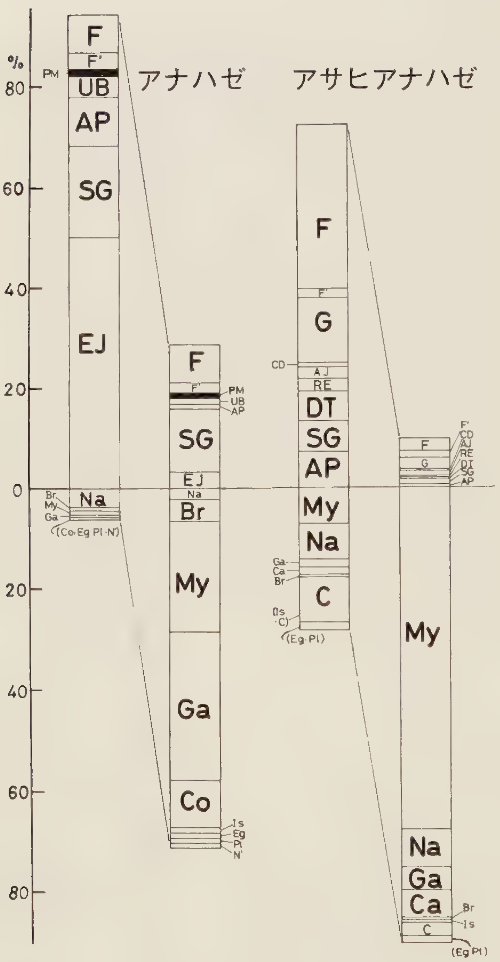


図 5．アナハゼ・アサヒアナハゼの胃内容物組成

ている．

アナハゼ（図5）はカタクチイワシ・サビハゼ・スジハゼ・ヒメジなどを多く捕食しており，個体数百分率ではアミ類・ヨコエビ類が多くの割合を占める．アサヒアナハゼ（図5）はスジハゼ・サビハゼなどのハゼ類やアオタナゴを捕食しており，アミ類・エビ類の占める割合も多い．以上の各魚種の胃内容物組成と餌料生物の分布状態[7-8]を比較してみると，どの魚種も生息水域に多く分布している魚類や生物を捕食している傾向がみられた．

図2〜5の胃内容物組成の重量百分率を用い，8種間の胃内容物の類似度指数 $C\pi$[9] を計算し表4に示した．メゴチとミノカサゴは1975年の結果も加えてあるため省略した．数値をみると極めて類似しているものとしてはマアナゴとクロアナゴ，カサゴとモヨ，トカゲゴチとカサゴ，かなり類似しているものはマエソとアナハゼ，トカゲゴチとモヨ，トカゲゴチとアサヒアナハゼという組み合せが挙げられる．$C\pi$ が大きいトカゲゴチ・カサゴ・モヨは同じ湾奥部水域で漁獲されることが多かった．しかし同じ分類項目に属する被食生物でも，同じ種でない場合も多く，数値は類似の概要を示すだけである．結果の適用にあたっては十分な配慮が必要であろう．

成長による食性の変化

成長に伴う食性の変化を，調査個体数の多いマエソ・トカゲゴチ・カサゴ・アナハゼ・アサヒアナハゼの5種を対象に，1977年漁獲個体を用いて検討した．調

表 4．8種間の胃内容物の類似度指数 $C\pi$

	マエソ	マアナゴ	クロアナゴ	トカゲゴチ	カサゴ	モヨ	アナハゼ	アサヒアナハゼ
マエソ		0.1181	0.1165	0.1564	0.0375	0.0000	0.6780	0.2269
マアナゴ			0.9289	0.2443	0.1984	0.0141	0.0503	0.0329
クロアナゴ				0.2245	0.1787	0.0001	0.0869	0.0100
トカゲゴチ					0.8196	0.5815	0.2134	0.5795
カサゴ						0.8988	0.0966	0.1480
モヨ							0.0194	0.0441
アナハゼ								0.1856
アサヒアナハゼ								

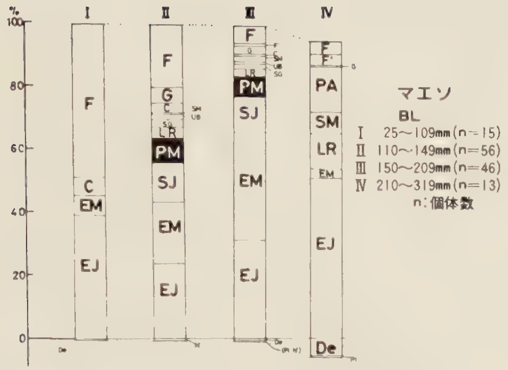


図 6. マエソの成長による食性の変化（重量百分率）

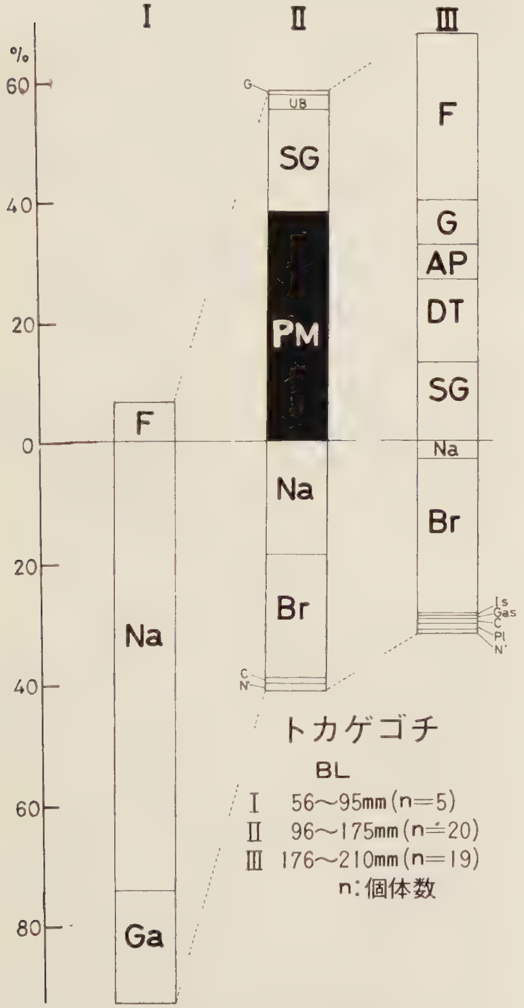


図 7. トカゲゴチの成長による食性の変化
上部は魚類，下部はその他（甲殻類など）

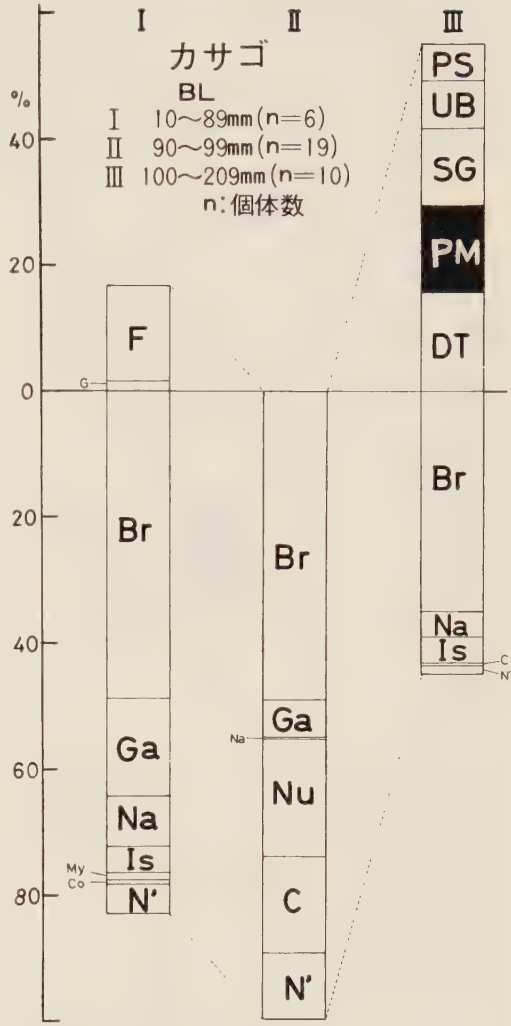


図 8. カサゴの成長による食性の変化

査個体の体長組成を基準に 3 ～ 4 段階の体長範囲を適当に定め（成熟体長は考慮しなかった）その体長範囲に含まれる調査個体全体の胃内容物組成を重量百分率のみで示した．被食生物の略号などは図 2 ～ 5 と同様である．

マエソ（図 6）は各段階ともカタクチイワシ・ウルメイワシを主食としている．II～III段階ではマダイ・オキヒイラギ・ハゼ類などやや大型の魚類も捕食している．マエソと被食魚類の体長関係をみると，180mm位までのマエソは55mm前後の魚類のみを捕食しているが，180mmを越えると55mm前後のもののほか100mm前後

の大きな魚類も捕食するようになる．一方，トカゲゴチ（図7）では甲殻類から魚類へと成長による顕著な食性の変化がみられる．またカサゴ（図8）はカニ類を主食としているが，Ⅲ段階では魚食性への移行がうかがえる．アナハゼ（図9），アサヒアナハゼ（図10）でも甲殻類食から魚類食への顕著な移行がみられる．



図 9．アナハゼの成長による食性の変化

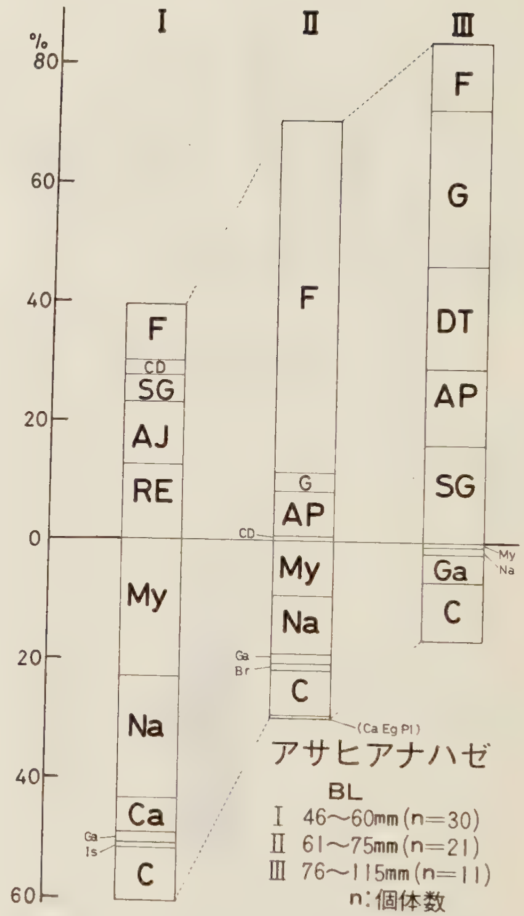


図 10．アサヒアナハゼの成長による食性の変化

マダイ当歳魚を捕食する魚類

1975年と1977年の調査結果にもとづいて，マダイ当歳魚を捕食する魚種や捕食時刻（季節・場所）を検討した．表5にはマダイ当歳魚を捕食した魚種，その捕食魚が漁獲された年月日・時刻・定点および被食マダイの体長・体重・復元した体重・消化度などを一括して示した．1尾の捕食魚から2尾のマダイが出現したことが2例あり，捕食されていたマダイは合計20尾，捕食魚は18尾であった．捕食魚種はマアナゴ（7尾），マエソ（4尾），クロアナゴ（3尾），トカゲゴチ（2尾），カサゴ・アナハゼ（1尾）の順で6種であった．捕食魚の漁獲時刻と捕食されていたマダイの消化度から，マアナゴ・クロアナゴには夜間に，他の4種には

表 5. マダイ当歳魚の捕食魚種，漁獲月日（時刻・定点）および被食マダイの計測値

漁獲月日	時刻	定点	捕食魚 種名	BL	BW	被食マダイ TL	BL	BW	BW′	R
1975年6月29日	20	T 1	マアナゴ	129	60	40	30	0.84	1.00	Ⅱ
7月17日	15	T 8	トカゲゴチ	230	156	47	36	1.47	2.50	Ⅲ
1977年6月14日	10	T 5	アナハゼ	70	7	29	22	0.28	0.32	Ⅱ
7月12日	15	G 2	マエソ	202	95	66	50	3.00	5.28	Ⅳ
7月13日	11	T 5	トカゲゴチ	140	46	70 34	53 26	2.26 0.82	6.46 0.82	Ⅲ Ⅲ
〃	16	〃	カサゴ	200	155	53	40	1.94	2.49	Ⅲ
7月16日	13	G19	マエソ	207	128	66	50	2.00	5.28	Ⅴ
〃	〃	〃	〃	173	68	66	50	2.10	5.28	Ⅴ
〃	18	〃	〃	125	26	67	51	3.20	5.56	Ⅳ
〃	20	T 5	マアナゴ	183	220	74	56	5.65	7.81	Ⅱ
〃	22	G 2	〃	200	90	79	60	2.36	9.77	Ⅱ
〃	〃	〃	〃	215	120	69	55	5.06	6.15	Ⅱ
〃	〃	〃	クロアナゴ	225	300	66	54	4.75	5.28	Ⅱ
〃	〃	〃	〃	185	185	65 66	54 59	4.32 4.68	5.01 5.28	Ⅲ Ⅱ
〃	〃	〃	〃	200	100	77	58	5.15	8.95	Ⅲ
7月17日	3	〃	マアナゴ	144	92	73	58	5.44	7.46	Ⅲ
〃	〃	〃	〃	147	88	39	35	1.34	1.34	Ⅱ
〃	5	〃	〃	149	90	66	50	3.01	5.28	Ⅳ

BL（アナゴ類はHTL），TL：mm
BW，BW′（復元した体重）：g
R（消化度）：Ⅰ（原型）〜Ⅷ（粘液状）

昼間に捕食されたものと考えられる．マダイ当歳魚が捕食されていた場所はマダイ当歳魚が多く分布する湾奥部が中心で，季節的には分布量の一番多い6月から7月にかけて集中的に捕食されていた．捕食されていたマダイの大きさは体長22〜60㎜，体重0.32〜8.95ｇで，捕食魚類の体長は70〜230㎜（アナゴ類は頭胴長）であった．

松宮ら[10]によると，湾内における1975年から1977年までの3年間の6〜7月のマダイ当歳魚の資源量相対比は1：1：7であろうとされている．この相対比は表1の10種の調査尾数に対するマダイ捕食尾数の商に，かなりよく反映しており，マダイの多い年は多くの個体が捕食されていた．1977年のマアナゴ・クロアナゴは漁獲された個体の過半数がマダイを捕食していた．1976年の標本については，マアナゴとクロアナゴの6〜7月の夜間に漁獲されたもののみを開腹したが，マダイは捕食されていなかった．なお本報告の漁獲努力は操業回数・漁獲時刻（定点）など質量とも毎年一定しておらず，表1の各魚種の漁獲尾数は毎年の資源量を反映していない．

マダイが捕食された記載例は少なく，林・山口[1]は瀬戸内海の魚食性魚類29403尾調査しマエソによる1尾を，横川[11]はホシエソによる1尾を報告している．また日本海*では12尾のマダイが捕食されていた（捕食魚はアナハゼ・アサヒアナハゼ・アイナメなど)が，大部分は体長30㎜未満の個体であったという．マアナゴの過去の調査事例[12-14]にはマダイの捕食は記載されていない．本報告では6捕食種により，20尾の被食マダイが見い出された．このことからみて，マダイの多い年にはかなりの個体が捕食され，マダイ資源量に影響を及ぼすという可能性を全く無視することはできない．しかし一方では，マアナゴ・クロアナゴの数はあまり多くないという知見も得られている．この報告では魚食性魚類の食性に関する定性的側面について述べた．今後マダイ当歳魚の捕食魚による減耗機構を解明し，マダイの種苗放流（いわゆる栽培漁業）におけ

＊日水研・石川県水試マダイグループ：未発表

る放流場所・時期，種苗の大きさ，放流後の生残過程などを検討するには，捕食魚の資源量や捕食量など量的な側面に関する知見を深める必要があろう．

要 約

1．志々伎湾で1975年から1977年に漁獲された，魚食性の可能性がある10種の底魚類（639尾）の胃内容物調査を行った．

2．マエソ・マアナゴ・クロアナゴは生涯を通じて顕著な魚食性を示している．トカゲゴチ・カサゴ・アナハゼ・アサヒアナハゼは甲殻類から魚類へと，成長に伴う食性の変化がみられる．メゴチ・モヨ・ミノカサゴはカニ類・アミ類などの甲殻類を主食としている．

3．マダイ当歳魚はマアナゴ・クロアナゴに夜間，マエソ・トカゲゴチ・カサゴ・アナハゼに昼間，合計20尾が捕食されていた．マダイの資源量の多かった1977年にはマアナゴ・クロアナゴの過半数がマダイを捕食していた．

文 献

1）林 知夫・山口義昭 1960: 魚食性底魚類の食性に関する研究．農林水産技術会議研究成果，**2**，1-113，内海区水産研究所．

2）高橋善弥 1962: 瀬戸内海とその隣接海域産硬骨魚類の脊梁構造による種の査定のための研究．内水研研報，(16)，1-198．

3）多々良薫・山口義昭・林 知夫 1962: 脊椎骨椎体長による体長・体重復原のための研究．内水研研報，(16)，199-228．

4）青山恒雄 1957: マアジ *Trachurus japonicus* の摂餌量．西水研研報，(15)，34-45．

5）通山正弘 1958: マエソ・ヒメジの摂餌活動の日変化について．南水研研報，(9)，84-91．

6）工藤晋二・通山正弘 1963: マエソ *Saurida undosquamis* の食性について．南水研研報，(19)，1-17．

7）中坊徹次 1980: 志々伎湾の底生魚類群集—I．主要種の分布と群集の区分．西水研研報，(54)，209-229．

8）東 幹夫・陣野聡子 1980: 平戸島志々伎湾の底生動物群集-I．マクロベントスと堆積物による生息場所分析の試み．西水研研報，(54)，195-208．

9）S. Kimoto 1967: Some quantitative analysis on the chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. *Esakia*, **6**, 27-54.

10）松宮義晴・遠藤義文・畔田正格 1980: 志々伎湾におけるマダイ当歳魚の資源量推定．西水研研報，(54)，315-320．

11）横田瀧雄 1956: 食性より見たる魚類の群聚について．南水研研報，(3)，73-83．

12）富山 昭 1956: 山口県瀬戸内海に於ける重要生物の生態的研究第12報 マアナゴの全長組成と食餌について．山口内海水試調査研究業績，**8**(1)，53-57．

13）H. Asano 1962: Congrid eels of Japan. *Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ.*, **1**, 1-143.

14）中村雅人・岩本哲二 1974: マコガレイ・イシガレイ・マアナゴ・シログチ・キスの食性について．山口内海水試報，(4)，1-17．

CONTENTS

(In Japanese with English abstracts)

非 売 品

昭和55年3月25日　印刷
昭和55年3月29日　発行

水産庁西海区水産研究所
〒850　長崎市国分町49

印刷人　松　尾　隆一郎
印刷所　株式会社　隆文社
佐世保市瀬戸越町260
電話 ㊾ 3306